

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica**

**DESENVOLUPAMENT D'UNA CONSOLA ELECTRÒNICA  
'PONG'**



**Memòria i Annexos**

**Autor:** Victòria Boncompte i Botey  
**Director:** Antoni Perez-Poch  
**Convocatòria:** Octubre 2018



## Resum

El present projecte consisteix en el disseny i construcció d'una videoconsola, així com la programació de dos videojocs d'estil retro per a aquesta. Aquest projecte inclou el disseny complet del hardware i del software desenvolupats.

La videoconsola consisteix en una pantalla gràfica LCD, controlada per un microcontrolador i una interfície d'entrada composta per diferents polsadors. El circuit electrònic està incorporat en una placa de circuit imprès (PCB). A més, és fa ús de la tecnologia d'impressió en 3D per a la carcassa final de la videoconsola.

Els jocs desenvolupats en l'entorn d'Arduino IDE són clonacions dels mítics *Snake* i *PONG*. El software inclou un programa base per iniciar la visualització de la pantalla i els diferents menús de la videoconsola.

El projecte ha estat documentat de manera que una tercera persona pugui reproduir-lo sense problemes.



## Resumen

El presente proyecto consiste en el diseño y construcción de una videoconsola, así como la programación de dos videojuegos de estilo retro para la misma. Este proyecto incluye el diseño completo del hardware y del software desarrollados.

La videoconsola consiste en una pantalla gráfica LCD, controlada por un microcontrolador y una interfaz de entrada compuesta por distintos pulsadores. El circuito electrónico está incorporado en una placa de circuito impreso (PCB). Además, se hace uso de la tecnología de impresión en 3D para la carcasa final de la videoconsola.

Los juegos desarrollados en el entorno de Arduino IDE son clonaciones de los míticos *Snake* i *PONG*. El software incluye un programa base para iniciar la visualización en la pantalla y los diferentes menús de la videoconsola.

El proyecto ha sido documentado de manera que una tercera persona sea capaz de reproducirlo sin problemas.



## Abstract

The present project consists of the design and construction of a video game console, as well as the programming of two retro style video games. This project includes the complete design of the developed hardware and software.

The video game console consists of a graphic LCD screen, controlled by a microcontroller and an input interface composed of different push buttons. The electronic circuit is incorporated in a printed circuit board (PCB). In addition, 3D printing technology is used for the final shell of the console.

The games developed in the Arduino IDE are clones of the mythical *Snake* and *PONG* games. The software includes a base program to initialize the visualization on the screen and the different menus of the video game console.

The project has been documented so that a third person is able to reproduce it without problems.





## Agraïments

Aquest projecte no hauria pogut ser realitzat sense l'ajuda d'un gran nombre de persones.

En primer lloc el meu tutor, Antoni Perez-Poch, per presentar un projecte interessant, i aconsellar durant el seu desenvolupament. Els meus companys i amics, per ajudar-me a resoldre els problemes trobats durant l'execució del projecte i per aconsellar-me en tot moment. I a l'Ignasi Sagrer de Addit·ion per la impressió en 3D de la carcassa de la videoconsola.





# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>V</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>11</b>
1.2. Origen del treball .....	11
1.3. Motivació .....	11
1.4. Requeriments previs .....	12
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>13</b>
2.2. Objectius del treball .....	13
2.3. Abast del treball .....	13
2.4. Metodologia .....	14
<b>3. ANTECEDENTS</b>	<b>15</b>
3.2. Història dels videojocs .....	15
3.2.1. Origen .....	15
3.2.2. Dècada dels 60.....	17
3.2.3. Dècada dels 70.....	18
3.2.4. Dècada dels 80.....	23
3.2.5. La crisi dels videojocs.....	26
3.2.6. La primera guerra de les consoles.....	27
3.2.7. L'expansió dels jocs en 3D .....	28
3.2.8. L'era moderna dels videojocs.....	31
3.2.9. Futur .....	35
<b>4. NORMATIVA</b>	<b>36</b>
4.2. Normativa de hardware.....	36
4.2.1. Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHs).....	36
4.2.2. Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEEEE) .....	37
4.2.3. Directiva 2006/66/EC .....	38
4.2.4. Directiva 2014/30/UE .....	38
4.3. Normativa de software .....	39
4.3.1. Directiva 2009/24/EC .....	39

4.3.2.	Llicències d'ús del software utilitzat .....	39
4.3.3.	Propietat intel·lectual dels videojocs .....	40
<b>5.</b>	<b>INGINYERIA DE CONCEPCIÓ .....</b>	<b>41</b>
5.2.	Solució adoptada .....	41
5.2.1.	Microcontrolador .....	41
5.2.2.	Visualització .....	43
5.2.3.	Arduino UNO .....	44
5.2.4.	Regulador de tensió .....	45
5.2.5.	Control .....	46
5.2.6.	Alimentació .....	46
5.2.7.	Eines de desenvolupament .....	47
5.3.	Hardware .....	47
5.3.1.	Visualització .....	48
5.3.2.	Microcontrolador .....	49
5.3.3.	Comandaments .....	49
5.4.	Software .....	50
5.4.1.	Interfície principal .....	50
5.4.2.	Joc Serp .....	50
5.4.3.	Joc Tennis .....	51
<b>6.</b>	<b>INGINYERIA DE DETALL .....</b>	<b>53</b>
6.2.	Esquemes de detall del hardware .....	53
6.2.1.	Comandament .....	53
6.2.2.	Microcontrolador .....	55
6.2.3.	Alimentació .....	56
6.2.4.	Visualització .....	56
6.3.	Selecció de components i càlculs justificatius .....	57
6.3.1.	Resistència LED .....	57
6.4.	Disseny del software .....	58
6.4.1.	Llibreries utilitzades .....	59
6.4.2.	Software.ino .....	60
6.4.3.	Buttons.h .....	60
6.4.4.	Menu.h .....	60
6.4.5.	Snake.h .....	62
6.4.6.	Pong.h .....	63
6.4.7.	Programació de la videoconsola en l'entorn de l'Arduino IDE .....	64
6.5.	Disseny de la carcassa .....	68

6.5.1.	Solució adoptada .....	68
6.5.2.	Entorn de SolidWorks.....	69
6.5.3.	Impressió en 3D .....	69
6.5.4.	Acoblament final .....	71
<b>7.</b>	<b>ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>73</b>
<b>8.</b>	<b>CRONOGRAMES .....</b>	<b>75</b>
8.2.	Programa d'execució .....	75
8.3.	Estimació del temps.....	75
<b>9.</b>	<b>POSSIBLES MILLORES .....</b>	<b>77</b>
9.2.	Millores en el hardware .....	77
9.3.	Millores en el software .....	78
	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>79</b>
	<b>PRESSUPOST .....</b>	<b>81</b>
	Costos material .....	81
	Costos d'enginyeria.....	83
	Altres costos.....	84
	Costos totals.....	85
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>86</b>
	Referències bibliogràfiques .....	86
	Bibliografia de consulta.....	87
	<b>ANNEX A: ESQUEMES .....</b>	<b>89</b>
A1.	Esquemes elèctrics en EAGLE .....	89
A2.	Esquemes del circuit imprès en EAGLE.....	92
	<b>ANNEX B: IMATGES DE LA VIDEOCONSOLA.....</b>	<b>95</b>
	<b>ANNEX C: CRONOGRAMA DEL PROJECTE .....</b>	<b>98</b>
	<b>ANNEX D: CODI .....</b>	<b>101</b>
D1.	Software.ino.....	102
D2.	Buttons.h .....	103
D3.	Menu.h .....	108
D4.	Pong.h.....	116
D5.	Snake.h .....	122

<b>ANNEX E: PLÀNOLS</b>	<b>129</b>
-------------------------	------------

<b>ANNEX F: DATASHEETS DELS COMPONENTS</b>	<b>134</b>
--	------------



# 1. Prefaci

## 1.2. Origen del treball

Durant la carrera d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica s'adquireixen molts coneixements sobre desenvolupament de software i hardware, ja sigui en disseny i muntatge de circuits, programació de robots i microcontroladors i modelatge de peces en 3D. El projecte de fi de grau ha de demostrar i posar en pràctica tots els coneixements apresos durant la titulació. Per aquesta raó s'ha escollit una de les propostes per part d'un professor de la universitat per a realitzar el projecte de fi de grau.

Aquest projecte consisteix en la fabricació una consola portàtil de videojocs retro a partir de certes especificacions inicials i un microcontrolador programable. El projecte inclou el disseny i muntatge tant de la part de hardware electrònic, com la programació del software dels videojocs. Les videoconsoles retro, amb un hardware i gràfics més senzills que les videoconsoles actuals, permeten a l'estudiant treballar en parts iguals en el software i hardware, i per tant és factible realitzar-ne una com a treball de fi de grau.

A partir d'una placa de circuit imprès, un microcontrolador, una pantalla LCD i els components discrets necessaris es procedirà a realitzar la videoconsola amb un aspecte retro. El projecte permetrà posar en pràctica tots els coneixements adquirits durant la carrera.

## 1.3. Motivació

A diferencia d'altres treballs realitzats durant la carrera, aquest projecte permet posar en pràctica tots els coneixements apresos durant la titulació en un sol projecte, sense centrar-nos en només una part de la enginyeria electrònica, ja que combina la part de software amb la hardware en un projecte d'aspecte lúdic que fa que la motivació sigui elevada.

Les videoconsoles són aparells electrònics d'ús extens en el dia a dia de moltes persones en l'actualitat. El fet de poder utilitzar tot el que s'ha après durant aquests anys i veure que som capaços de fabricar un objecte d'ús quotidià amb el què hem passat hores jugant i entretenant-nos, es altament motivador



## 1.4. Requeriments previs

El primer pas requerit és el coneixement dels objectius generals i específics als que es vol arribar i a partir d'aquí adquirir el requeriments previs necessaris.

És molt important saber en que consisteix el projecte a realitzar, en aquest cas una videoconsola retro inspirada en els anys 70. Per tal de familiaritzar-nos amb aquest tipus de videoconsola s'analitzarà la història de les videoconsoles i videojocs, des dels seus inicis fins a la actualitat.

El següent pas serà buscar la normativa de hardware i software que ha de complir la videoconsola i a partir d'aquí concretar les característiques que volem que tingui el nostre disseny, respectant la normativa trobada.

El muntatge a desenvolupar està format per un hardware i un software. El hardware és l'encarregat de crear un vincle amb l'exterior, per tal de que el jugador interaccioni. Aquest hardware està controlat sempre per el software, gravat en el microcontrolador.

Abans de començar el projecte s'han de tenir coneixements de disseny de circuits, fabricació de plaques de circuit imprès, coneixements sobre els diferents components electrònics a utilitzar i, conèixer els programes informàtics necessaris per tal de dibuixar l'esquema del circuit i el modelatge en 3D de la carcassa.

A més, per la part del software serà necessari estar familiaritzat amb diferents llenguatges de programació i els programes informàtics necessaris per dur a terme la programació del microcontrolador.

També s'haurà de d'analitzar i escollir un microcontrolador òptim per a la realització del projecte, així com escollir tots els components necessaris.

Es molt important dimensionar el projecte abans de començar per assegurar-nos de que aquest serà factible de realitzar.

Tots aquests passos es realitzaran en un avantprojecte detallat per tal de poder dur a terme el projecte sense problemes.

## 2. Introducció

Aquest projecte consisteix en la realització del projecte de fi de grau (TFG) del grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica. El projecte està pensat per a què els estudiants posin en pràctica tots els coneixements adquirits durant la carrera. En aquest cas, el projecte consisteix en el disseny i fabricació d'una videoconsola portàtil retro, inspirada en les existents els anys 70 i 80, per la seva simplicitat comparada amb les videoconsoles actuals.

### 2.2. Objectius del treball

El principal objectiu d'aquest projecte es la fabricació d'un prototipus de videoconsola portàtil i programació d'un videojoc o més per aquesta. Durant el procés, l'estudiant posarà en pràctica tot l'après durant el grau i aprendrà a treballar de forma individual per assolir un objectiu, sent capaç de resoldre els diferents problemes durant la realització del projecte.

L'estudiant es centrarà en els coneixements adquirits sobre el disseny de hardware i programació de software sense deixar de banda aquells coneixements adquirits en assignatures com Empresa, Projectes d'Enginyeria o Expressió gràfica.

L'estudiant aprendrà a treballar com si es tractes d'un projecte a realitzar per a un client extern, sent capaç de complir amb dates límit i assegurant-se de que el prototipus final funciona a la perfecció.

La videoconsola estarà controlada per un microcontrolador, i s'utilitzarà una pantalla LCD per a la visualització. A més, disposarà de certs comandaments per tal de poder controlar el joc i les diferents accions de la consola.

### 2.3. Abast del treball

Tal i com s'ha comentat anteriorment, l'objectiu d'aquest treball és la construcció d'una videoconsola retro per posar en pràctica tot allò après durant la carrera en els camps de l'electrònica i la informàtica. Així, es tracta d'un treball totalment didàctic.

El projecte inclou tot el disseny i procés de fabricació de la videoconsola, així com el codi necessari per al seu funcionament.

La videoconsola desenvolupada en aquest treball és un aparell electrònic destinat a l'aprenentatge de l'enginyeria electrònica, i per tant no està pensat per la seva distribució ni ús públic. Tota persona



interessada en l'enginyeria electrònica pot utilitzar el projecte per en posar en pràctica els seus coneixements.

## 2.4. Metodologia

Per dur a terme el projecte es seguirà la següent metodologia:

- Definir els objectius generals i específics del projecte.
- Obtenir els requisits i coneixements previs, i cercar la informació necessària per tal de poder dur a terme el projecte.
- Realitzar un estudi previ i plantejar una solució inicial.
- Selecció dels components a utilitzar, justificació de la selecció i disseny del circuit.
- Obtenció del material necessari i components per tal de realitzar un muntatge del circuit inicial en una placa de proves.
- Disseny del programa i joc a realitzar.
- Programació i compilació de les rutines i subrutines necessàries per al videojoc, comprovar el seu funcionament, correcció d'errors i possibles millores.
- Carregar el videojoc al microcontrolador i comprovar el seu correcte funcionament, en cas d'haver-ni, corregir els errors i realitzar possibles millores.
- Disseny final del circuit.
- Fabricació i muntatge de la placa de circuit imprès.
- Disseny de la consola, modelatge en 3D i realització dels plànols.
- Construcció de la carcassa de la consola.
- Muntatge final de la videoconsola.
- Detecció i correcció d'errors.
- Conclusions finals i estudi de possibles millores.

Tots els passos descrits es documentaran en una memòria, amb prou detall com per que una tercera persona sigui capaç de realitzar el projecte.

## 3. Antecedents

### 3.2. Història dels videojocs

En aquest apartat es realitzarà una breu explicació de la història i evolució dels videojocs, des dels seus inicis fins a la actualitat.

#### 3.2.1. Origen

Videojoc és el terme que se li dona a qualsevol aplicació o software creat per entretenir, basat principalment en la interacció d'un o més jugadors. Aquest pot ser executat tant en ordinadors com en qualsevol altre dispositiu electrònic, tot i que també existeixen dispositius dissenyats exclusivament per aquesta funció, anomenats consola de videojocs o videoconsola.

A causa del desenvolupament dels ordinadors i de la tecnologia de hardware per aquests, ha crescut en paral·lel la indústria encarregada de desenvolupar noves consoles.

Es considera que el primer videojoc va sorgir al final de la dècada dels anys 40, després de la Segona Guerra Mundial, quan les principals potències vencedores van iniciar una carrera tecnològica per tal de construir els primers superordinadors programables. Un exemple es l'ENIAC, el primer ordinador gegant construït el 1949 a la Universitat de Cambridge, i que ocupava una superfície de 167 m<sup>2</sup> i pesava 27 tones.

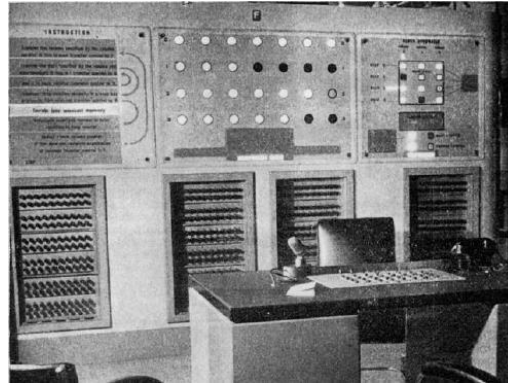
Els primers videojocs van sorgir com a experiments i proves acadèmiques per part de científics i físics, i no va ser fins a la dècada dels anys 70 quan els videojocs van començar a tindre un caràcter més comercial, marcant l'inici d'una transformació i evolució del concepte de videojoc.

**1947** - Thomas T. Goldsmith i Estle Ray Mann van presentar una patent d'un sistema electrònic anomenat "Cathode-ray tube amusement Device" (Dispositiu d'entreteniment de tubs de rajos catòdics) basat en els radars utilitzats en la Segona Guerra Mundial, convertint-se en el primer "programa" desenvolupat per veure's en una pantalla CRT (tub de rajos catòdics).

Aquest dispositiu era un simulador interactiu de míssils en el qual s'havia d'ajustar la corba i la velocitat dels míssils per tal d'impactar en uns objectes virtuals dibuixats en una làmina semitransparent que s'havia de col·locar sobre de la pantalla. A causa d'això, avui en dia encara es discrepa sobre si es pot considerar el primer videojoc de la història o no ja que aquest no mostrava cap gràfic a la pantalla i per tant, tan sols es veia com el míssil passava per l'objectiu, i no hi havia cap tipus d'impacte, era el jugador, en aquest cas, el que havia de mirar si s'havia tocat l'objectiu o no.

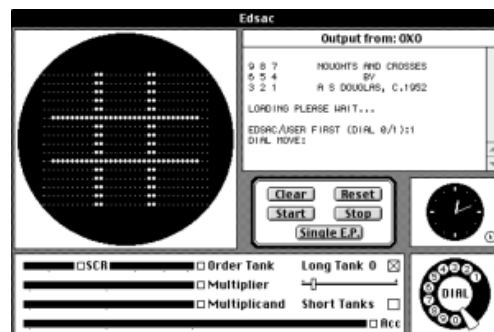


**1951** - L'australià John Bennet va presentar el Nimrod, un ordinador gegant capaç de jugar al Nim, un joc matemàtic molt antic original de la Xina. Tot i que aquest no es pot considerar com a vídeo joc al no constar de pantalla, es molt important en la història ja que va ser el primer ordinador dissenyat específicament per a jugar a un joc.



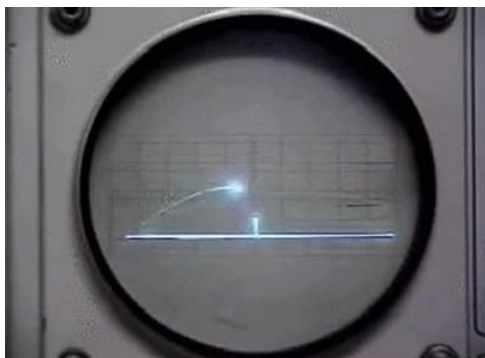
**Figura 3.1.** Imatge del Nimrod. (Font: [www.wired.com](http://www.wired.com))

**1952** - Alexander Sandy Douglas va desenvolupar un joc d'ordinador anomenat *Noughts and Crosses* també conegut com OXO. Es tractava d'una versió electrònica del tres en ratlla, on el jugador jugava contra la màquina i els resultats es mostrava en una pantalla de rajos de tubs catòdics de 35x16 píxels. És considerat el primer videojoc gràfic de la història.



**Figura 3.2.** Imatge del videojoc *Noughts and Crosses*. (Font: [www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com))

**1958** - William Higinbotham crea un videojoc, anomenat *Tennis for two*. Aquest constava d'un oscil·loscopi on es mostrava la pista de tennis des d'una vista lateral i un circuit de transistors. A més, els jugadors disposaven d'un comandament format per un botó per tal de colpejar la pilota i una roda per controlar la direcció d'aquesta. El següent any, va millorar el joc, utilitzant una pantalla més gran i afegint diferents nivells de dificultat, complicant més el joc.



**Figura 3.3.** Imatge del videojoc *Tennis for two*. (Font: [www.static.tvtropes.org](http://www.static.tvtropes.org))

### 3.2.2. Dècada dels 60

Aquesta dècada ve marcada per els inicis dels videojocs per a sales recreatives i videoconsoles per a la llar.

**1962** - Steve Russel juntament amb altres estudiants de la MIT, creen un videojoc anomenat *Spacewar*. Gràcies a que el codi va ser alliberat i distribuït gratuïtament a la resta d'instituts i universitats d'Estats Units, ràpidament tots els estudiants i professors d'aquest país van tenir el seu primer contacte amb els videojocs i es va començar a generar un interès per aquesta nova forma d'oci. *Spacewar* era un joc pensat per dos jugadors que s'enfrontaven a una batalla entre dos naus espacials, les quals havien d'intentar destruir-se mútuament sense deixar atrapar-se per la força gravitatòria d'una estrella.



**Figura 3.4.** Imatge del videojoc *Spacewar*. (Font: [www.thedoteaters.com](http://www.thedoteaters.com))

**1965** - Nolan Bushnell te la idea de crear el primer videojoc per a sales recreatives operat amb monedes: *Computer Space*. Els ordinadors de l'època eren molt cars, per el que va haver d'abandonar la seva idea.

**1966** - Ralph Baer escriu un document de quatre pàgines descrivint les seves idees per tal de jugar a videojocs: un dispositiu que connectat a una televisió permetés jugar a l'espectador. Aquest projecte va ser anomenat *Brown Box*.

**1967** - Ralph Baer va finalitzar el primer prototipus de la *Brown Box*, el qual incorporava el ping-pong, i un joc per a dos jugadors en el qual ambdós havien d'acorrallar al contrari. A més, Baer i els seus col·laboradors van dissenyar un rifle, que connectat al dispositiu permetia disparar a una sèrie d'objectius. No aconsegueix cap acord per tal de comercialitzar la videoconsola, i per tant, abandona el projecte.

**1968** - Baer es fa amb la primera patent per els seus conceptes sobre videojocs.

### 3.2.3. Dècada dels 70

Els videojocs ja no són experiments científics i per tant es poden trobar fora de les universitats i laboratoris, comencen a arribar a totes les sales recreatives i a moltes cases, i guanyen popularitat ràpidament.

**1970** - Nolan Bushnell, juntament amb Ted Dabney, torna a emprendre el projecte *Computer Space*. La diferència és que aquesta vegada decideixen utilitzar components solts com transistors, díodes, bobines i resistències amb els quals construir circuits impresos molt primitius. Gràcies a aquests canvis, la màquina va passar a tenir un cost de fabricació de 100 dòlars davant dels més de 4.000 inicials.

**1970** - *Nintendo* comença a obrir el seu mercat i comença a produir jocs electrònics.

**1971** - S'aprova la fabricació del projecte *Brown Box* de Ralph Baer gràcies a un acord firmat amb *Sanders Associates*. La *Brown Box* va passar a dir-se oficialment *Magnavox Odyssey*.

**1971** - Arriba *Galaxy Game*, la primera màquina recreativa de la història, i els videojocs deixen de tenir un caràcter experimental sense interessos econòmics.

Bill Pitts i Hugh Tuck, dos estudiants de la Universitat d'Stanford, veient l'èxit de *Spacewar* i les cues que es formaven per jugar, van pensar en crear una màquina recreativa inspirant-se en les màquines electromecàniques i escurabutxaques de les sales recreatives, en les que s'havia d'introduir una moneda per tal de poder utilitzar-la i jugar.

Fins ara, el principal problema era que els ordinadors eren molt grans i cars, per el que tan sols se'ls podien permetre laboratoris i universitats, però *Digital Equipment Corporation* dissenya un nou model revolucionari anomenat PDP-11/20 que destacava per ser més assequible gràcies a una mida més reduïda i un preu de 14.000 dòlars.

Bill i Hugh van fundar la seva pròpia empresa anomenada *Computer Recreations Inc*, i van començar a desenvolupar el primer model a partir del PDP-11/20 i una pantalla Hewlett Packard 1300A. Després de tres mesos i mig, i una inversió aproximada de 20.000 dòlars van acabar el *Galaxy Game*. Aquest es



podia jugar amb una moneda de 10 cèntims de dòlar, o tres partides si es posava una moneda de 25 cèntims. Tal i com es podia esperar, el joc va ser tot un èxit, i es podien arribar a formar cues de més d'una hora per tal de poder jugar una partida a la universitat.

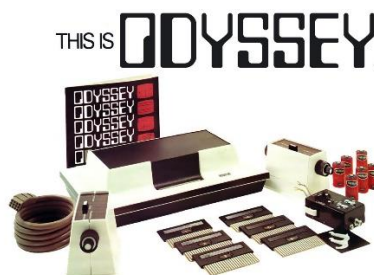
**1971** - Nolan Bushnell i Ted Dabney aconsegueixen un acord amb Nutting Associates per tal de produir el model a escala i poder distribuir-lo a nivell nacional i *Computer Space* surt oficialment a la venda.

El joc consistia en una revisió de l'*Spacewar*, en el qual un jugador controlava una nau amb la que havia de disparar a uns plats voladors mentre esquivava els seus tirs. El jugador rebia un punt per cada enemic abatut, mentre que els enemics sumaven un punt cada vegada que abatien el jugador. Passats 100 segons, si el marcador del jugador era major que l'aconseguit per l'enemic guanyava 99 segons extra per poder seguir jugant, però en cas contrari s'acabava la partida.



**Figura 3.5.** Imatge del *Computer Space*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1972** - Es comença a distribuir *Magnavox Odyssey* juntament amb un rifle com a accessori i fins a 10 jocs diferents addicionals. Sorgeix la primera videoconsola de la història.



**Figura 3.6.** Imatge de la videoconsola *Magnavox Odyssey*. (Font: [www.static.giantbomb.com](http://www.static.giantbomb.com))

**1972** - Bill i Hugh van treure un nou model del *Galaxy Game* format per 4 pantalles (2 frontals i 2 posteriors) a causa de l'èxit del model interior i per tal de millorar la recaptació, ja que amb el model

antic era molt difícil recuperar la inversió. Disposava de 8 controladors, i per tant, permetia que fins a vuit persones juguessin a la vegada (4 partides de 2 jugadors alhora, 2 contra 2 a cada pantalla).



**Figura 3.7.** Imatge del *Galaxy Game*. (Font: [www.miacade.com](http://www.miacade.com))

**1972** - El videojoc de Nolan Bushnell i Ted Dabney *PONG* s'instal·la a les sales recreatives per convertir-se en el primer videojoc comercial d'èxit. El videojoc es basa en una representació gràfica en dos dimensions d'una partida de tennis, on els jugadors utilitzen dos raquetes per colpejar la pilota d'un costat a l'altre de la pista en una pantalla en blanc i negre, una versió moderna del *Tennis for two*.

Va ser el primer videojoc desenvolupat per *Atari Inc.* i permetia jugar contra la màquina o contra un altre oponent. *Atari* va vendre més de 35.000 unitats.



**Figura 3.8.** Imatge del videojoc *PONG*. (Font: [www.enter.co](http://www.enter.co))

**1974** L'enginyer Harold Lee proposa a *Atari* una versió del *PONG* per poder jugar a casa, connectat a la televisió.

**1975** Es posa a la venda el *Home PONG*, i obté un gran èxit i popularitat, tot i que només permetia jugar al joc *PONG*. S'arriben a vendre més de 150.000 unitats



**Figura 3.9.** Imatge de la videoconsola *Home PONG*. (Font: [www.museum.syssrc.com](http://www.museum.syssrc.com))

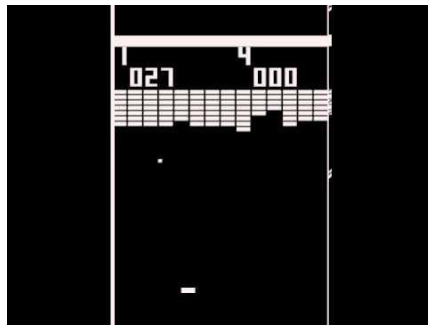
**1975-1977** - Surten al mercat varies versions de la consola *PONG* per part d'*Atari*, amb certes innovacions, com els gràfics en color o la puntuació digitalitzada en la pantalla.

**1977** - *Atari* posa a la venda *Atari VCS (Video Computer System)*, anomenat posteriorment *Atari 2600*, el primer sistema de videojocs domèstics de jocs intercanviables i la primera consola de 8 bits. El llançament va estar acompanyat de nou jocs diferents. El que feia *Atari VCS* molt revolucionari era el fet de que els jocs vinguessin en cartutxos de memòria ROM fàcilment intercanviables per l'usuari. El seu elevat preu, 249 dòlars, i el poc interès que encara despertaven els videojocs en aquella època no van fer d'*Atari VCS* un èxit immediat. La seva versió posterior *Atari 2600*, va estar al mercat fins el 1990, i va ser la més popular fins que la *Nintendo Entertainment Systems* va sortir al mercat.



**Figura 3.10.** Imatge de la videoconsola *Atari VCS*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1977** - *Nakamura Manufacturing Company* comença a distribuir *Breakout*, invenció d'*Atari*, per Japó. El joc consistia en fer xocar una pilota contra uns maons per tal de destruir-los i evitar que la pilota toques el terra gràcies a una pala. Aquest joc va causar una nova demanda de videojocs en bars i cases de té de tot Japó.



**Figura 3.11.** Imatge del videojoc *Breakout*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1978** - Els videojocs ja estaven establerts en la indústria d'Estats Units, però en un paper secundari. Això va canviar amb el llançament de *Space Invaders* per part de *Taito* una empresa Japonesa. El joc consistia en un redisseny del popular *Breakout*, substituint la pala per un canó i els maons per files de marcians que disparaven al jugador.



**Figura 3.12.** Imatge del videojoc *Space Invaders*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1978** - Neix la successora de la videoconsola *Magnavox Odyssey*, *Magnavox Odyssey2*, una consola de segona generació. Constava de dos joysticks digitals adjunts a la consola, cosa que era un desavantatge respecte *Atari 2600* que si que permetia separar-los, i per tant canviar-los en el cas de que s'espatllessin. L'aspecte a remarcar de *Odyssey2* era el teclat alfanumèric, similar a l'utilitzat en l'ordinador ZX81, que feia que tingués aspecte d'ordinador.



**Figura 3.13.** Imatge de la consola *Magnavox Odyssey 2*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1979** - Mattel crea una videoconsola, *Intellivision*, amb millors gràfics i controls més sofisticats que *Atari 2600*, i als usuaris els hi encanta els jocs d'esport. Venen més de 3 milions d'unitats de *Intellivision*



**Figura 3.14.** Imatge de la consola *Intellivision*. (Font: [www.retrogamer.net](http://www.retrogamer.net))

**1979** - Es crea la empresa *Activision*, la primera empresa en desenvolupar jocs per a tercers, sense fabricar videoconsoles o màquines per a sales recreatives.

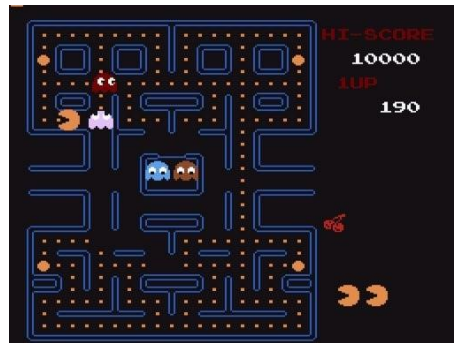
#### **3.2.4. Dècada dels 80**

**1980** - El VIC-20 és un ordinador de 8 bits fabricat per *Commodore Business Machines*, amb 5KB RAM i un CPU MOS 6502, adaptat per jugar a videojocs.



**Figura 3.15.** Imatge de l'ordinador *VIC-20*. (Font: [www.retrogamer.net](http://www.retrogamer.net))

**1980** - Toru Iwatani crea el famós videojoc *Pac-Man*, inspirat per una porció de pizza que faltava. Aquest mateix any, la versió del *Pac-Man* per *Atari* es converteix en la primera versió d'un joc per a sales recreatives en aparèixer en una videoconsola.



**Figura 3.16.** Imatge del videojoc *Pac-Man*. (Font: [www.retrogamer.net](http://www.retrogamer.net))

**1980** - *Atari* crea una versió del mític *Space Invaders* per a la seva videoconsola. La idea de poder jugar il·limitadament a casa a una màquina recreativa que es trobava als bars i que s'havia de pagar per cada partida, va fer que *Atari* vengués moltes videoconsoles i còpies del cartutx.

**1980** - Shigeru Miyamoto, treballador de *Nintendo*, crea *Donkey Kong*. L'heroi, inicialment anomenat *Jumpman*, era un lampista que havia de salvar a la seva noia, *Pauline*, d'un mico. En *Jumpman* va canviar de nom quan la empresa es va establir als Estats Units, passant a dir-se *Mario*.

**1981** - La indústria és bàsicament una carrera entre *Atari 2600* i *Intellivision*. Tot i que *Intellivision* era superior tecnològicament, *Atari* segueix sent el líder en ventes.

**1982** - Surt a la venda *Vectrex* desenvolupat per *Western Technologies/Smith Engineering* i distribuït per *General Consumer Electronic* i va ser la única videoconsola amb una monitor vectorial que mostrava gràfics vectorials. Era monocromàtica i utilitzava pantalles de plàstic per simular colors, gràfics estàtics i decoracions.



**Figura 3.17.** Imatge de la videoconsola *Vectrex*. (Font: [www.geekvintage.com](http://www.geekvintage.com))

**1982** - La empresa *Emerson Radio* va desenvolupar la consola *Arcadia 2001*, amb una memòria RAM d'1Kb i una resolució de 128x208 píxels a 8 colors



**Figura 3.18.** Imatge de la videoconsola *Arcadia 2001*. (www.ludofarmacos.wordpress.com)

**1982** - *Conneticut Leather Company* desenvolupa un sistema tècnicament millor que les seves competidores directes, *Atari 2600* i *Intellivision*, la *Colecovision*. Els jocs tenien un millor aspecte i millors sons. Van aconseguir la llicència del *Donkey Kong* i van incloure el joc en el paquet de sortida i la *Colecovision* es va convertir en un èxit immediatament.



**Figura 3.19.** Imatge de la videoconsola *Colecovision*. (Font: www.wikimedia.org)

**1982** - *Atari 5200* va ser introduïda al mercat en un intent d'intentar renovar la oferta de la marca davant les altres consoles de nova generació: *Intellivision*, *Colecovision* i *Vectrex*. La consola era bàsicament l'ordinador *Atari 400* sense teclat i sense comandaments analògics. El principal problema d'aquesta consola va ser que no tenia característiques tècniques capaces d'oferir jocs sorprenents davant les consoles de la competència.

A més, *Atari* crea *Ms. Pac-Man* per la igualtat de gènere, tornant-se el joc per a sales recreatives més venut de tots els temps.



**Figura 3.20.** Imatge de la videoconsola *Colecovision*. (Font: www.wikimedia.org)



### 3.2.5. La crisi dels videojocs

La indústria dels videojocs Nord Americana pateix una crisi a causa de diversos factors, incloent un mercat sobresaturat de videoconsoles, la competència dels jocs d'ordinador i el superàvit de jocs de baixa qualitat, com l'E.T., un joc d'Atari basat en la pel·lícula i sovint considerat el pitjor videojoc mai creat.

Durant el període de crisi a Nord Amèrica es desenvolupen consoles potents a altres països.

**1985** - El mercat Nord Americà es comença a recuperar de la crisi quan el *Nintendo Entertainment System(NES)*, anomenat *Famicom* al Japó s'introdueix a Estats Units. Aquest tenia gràfics de 8-bits, colors i sons. A més, *Nintendo* imposa certes regulacions per als desenvolupadors de videojocs per tal d'evitar software de baixa qualitat.



**Figura 3.21.** Imatge de la consola *Nintendo Entertainment System*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1985** - Neix el videojoc més venut de tots els temps: *Super Mario Bros*. Per primera vegada, es pensa primer una història i després el joc sobre aquesta. El joc de 24 nivells és també el primer en no oferir gràfics en bucle i tenir un objectiu concret i no només aconseguir una puntuació alta.



**Figura 3.22.** Imatge de la consola *Nintendo Entertainment System*. (Font: [www.playretrogames.com](http://www.playretrogames.com))

**1986** - Es llança al mercat Europeu *Nintendo Entertainment System (NES)* i es converteix en tot un èxit i en un objecte imprescindible a les cases de tot el continent.



### 3.2.6. La primera guerra de les consoles

Per tal de guanyar terreny en el mercat, les diferents empreses emprenen una ràpida carrera tecnològica per tal d'oferir millors prestacions que la competència.

**1989** - La *Game Boy*, la primera videoconsola de 8 bits portable amb cartutxos intercanviables s'introdueix al Japó juntament amb el *Tetris*. Tenia una memòria de 64-K bits de RAM estàtica i una pantalla LCD de matriu de punts de tipus STN, 160 X 144 píxels i 4 tonalitats de gris.



**Figura 3.23.** Imatge de la consola portàtil *Game Boy*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

Les videoconsoles fan un salt en la tecnologia amb l'arribada de les videoconsoles de 16 bits, gràcies a la carrera tecnològica iniciada entre les diferents empreses.

**1989** - Sega treu al mercat *Genesis*, una consola de 16-bits a Nord Amèrica. Gràcies a la seva tecnologia superior a la *NES*, la campanya de marketing i el joc *Sonic the Hedgehog*, *Genesis* s'imposa per davant del seu gran rival.



**Figura 3.24.** Imatge de la consola *Genesis*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1990** - Japó entra al mercat de 16-bits amb el llançament de *Super Famicom*. La consola ofereix un so estèreo real, fons detallats i una memòria integrada dos vegades més gran que la NES. A més, es comença a vendre la *Game Boy* al mercat Europeu.



**Figura 3.25.** Imatge de la consola *Super Famicom*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1991** - *Nintendo* llença al mercat Europeu i Nord Amèrica la consola *Super NES* (anomenada *Super Famicom* al Japó), i comença la primera “guerra de consoles”.

**1993** - Com a resposta als jocs violents, *Sega* crea el *Videogame Rating Council*, per tal d’etiquetar tots els jocs venuts per a la videoconsola de *Sega*. Més endavant, dona lloc a *Entertainment Software Rating Board*, que encara s’utilitza avui en dia per avaluar els videojocs basats en el seu contingut.

Amb una llibreria de jocs molt més amplia, preus més baixos i un marketing d’èxit, *Genesis* estava molt per davant de *SNES* a Nord Amèrica, però *Sega* no tenia la mateixa sort al Japó.

### 3.2.7. L’expansió dels jocs en 3D

Amb un salt en tecnologia informàtica, la cinquena generació de videojocs va donar pas a l’era tridimensional del joc.

**1995** - *Sega* treu al mercat Nord Amèrica el seu sistema *Saturn*, la primera consola de 32 bits, que llegia CDs en comptes de cartutxos, 5 mesos abans del previst. Aquest moviment es va realitzar per tal de guanyar a *Sony* en el seu llançament al mercat de la *Playstation*, que es venia per 100 dòlars menys que *Saturn* quan va sortir al mercat més tard aquell mateix any.



**Figura 3.26.** Imatges de les consoles *Saturn* i *Playstation*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

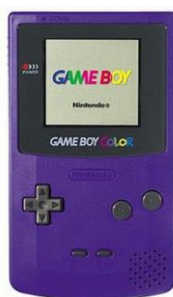
**1996** - *Nintendo* treu al mercat la *Nintendo 64*, una videoconsola amb un sistema de 64 bits que convidava a explorar mons fantàstics en 3D plens de color, que es combinaven amb efectes d’il·luminació en temps real i un so amb qualitat de CD. Disposa entrades per fins a quatre

comandaments, per tal de poder jugar en equip. Tot i tindre una tecnologia superior a la dels seus competidors, el principal problema que va tenir va ser que funcionava amb cartutxos, més cars que els CDs, i no va tindre l'èxit esperat.



**Figura 3.27.** Imatge de la consola *Nintendo 64*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**1998** - *Nintendo* treu a la venda la successora de la *Game Boy*, la *Game Boy Color*. En tretze anys es va convertir en la consola més venuda del planeta, amb més de 100 milions d'unitats venudes. La *Game Boy Color* ofereix una paleta de colors de més de 32.000 colors possibles en la seva pantalla LCD Sharp de 44 x 39 mm, a més d'una potència de processament dos vegades més gran que la seva predecessora.



**Figura 3.28.** Imatge de la consola *Dreamcast*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

**1999** - *Sega* llança al mercat la consola *Dreamcast*, considerada per molts avançada per els seus temps, i una de les millors consoles mai fetes, incloent la seva capacitat de jugar a jocs en línia, va ser un fracàs comercial, i va fer que *Sega* es tires enrere en la fabricació de consoles i es convertís en una companyia de programari per a tercers a partir d'ara.



**Figura 3.29.** Imatge de la consola *Dreamcast*. (Font: [www.retrogamer.net](http://www.retrogamer.net))

**2000** - Surt al mercat la *Playstation 2*, la primera consola amb lector de DVDs i en incorporar un disc dur.



**Figura 3.30.** Imatge de la consola *Playstation 2*. (Font: [www.playstation.com](http://www.playstation.com))

**2001** - *Nintendo* va oferir al mercat la *Game Boy Advance*, una consola portàtil d'última generació. Els seus jocs d'alta qualitat, el seu disseny i el fet de que fos fàcil de manipular, la van convertir en una de les consoles de més èxit. Té una CPU de 32-bits ARM amb memòria incorporada, i una pantalla reflectant TFT de 2,9" i una resolució de 240 x 160 píxels.

**2001** - *Nintendo* posa a la venda la *Nintendo GameCube*, amb un disseny compacte i *Microsoft* la *Xbox*, una consola amb un disc dur de 8Gb i lector de DVDs.



**Figura 3.31.** Imatges de les consoles *Nintendo GameCube* i *Xbox*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es) i [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

Tot i que *Sega* i *Nintendo* van llançar bastants videojocs 3D ben qualificats, aquestes companyies no podien competir amb el suport de terceres companyies que tenia *Sony*, que van ajudar a que la *Playstation* tingués molts jocs exclusius.

En poques paraules: *Sony* dominava el mercat dels videojocs i continuaria fent-ho en la propera generació. De fet, la *Playstation 2*, llançada el 2000 i capaç de reproduir jocs originals de *Playstation*, es convertiria en la consola de videojocs més venuda de tots els temps.

### 3.2.8. L'era moderna dels videojocs

Les consoles de la sèptima generació dominen el mercat en la actualitat. Les diferents empreses utilitzen configuracions de 128 bits i competeixen per altres prestacions.

**2004** - *Nintendo* crea una consola portàtil, la *Nintendo DS*, amb dos pantalles LCD retroiluminades i de gran nitidesa. La pantalla inferior utilitza una tecnologia tàctil, que juntament amb un micròfon, permet al jugador interactuar amb el joc. Es tracta de la consola més venuda per darrere de la PlayStation 2.



**Figura 3.32.** Imatge de la consola *Nintendo DS*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

**2005** - Sony crea la *PlayStation Portable (PSP)*, una videoconsola portàtil d'una gran potència gràfica, i caracteritzada per una pantalla gran, permet, a més de jugar a jocs, reproduir contingut multimèdia i navegar per internet.



**Figura 3.33.** Imatge de la consola *PlayStation Portable*. (Font: [www.playstation.com](http://www.playstation.com))

**2005-2006** La *Xbox 360* de *Microsoft*, la *Playstation 3* de *Sony* i la *Wii* de *Nintendo*, van iniciar l'era moderna dels jocs d'alta definició. Tot i que la *Playstation 3*, l'únic sistema en el moment capaç de reproduir *Blu-rays* va tenir èxit, *Sony* es va enfrontar per primera vegada a la dura competència dels seus rivals.



**Figura 3.34.** Imatges de les consoles *Xbox 360*, *Playstation 3* i *Wii*. (Font: [www.wikimedia.org](http://www.wikimedia.org))

**2007** - La *Xbox 360*, que tenia capacitats gràfiques similars a la *Playstation 3*, va ser elogiada per el seu ecosistema de jocs en línia i va guanyar molts més premis al *Game Critics Awards* que altres consoles.

Tot i ser tecnològicament inferior a els altres dos sistemes, la *Wii* va guanyar a la seva competència en numero de ventes. Els seus comandaments de detecció de moviment van fer que els jocs siguin més actius que mai, ajudant a atraure a una part molt més gran del públic en general, incloses les persones a residències de jubilats.

Cap al final de la dècada i al principi de la següent, els videojocs es van difondre per les xarxes socials i dispositius mòbils, arribant a una audiència més casual.

**2011** - *Nintendo* revoluciona el món de les consoles portàtils amb la nova *Nintendo 3DS*, que permet jugar a jocs en 3D sense necessitat d'utilitzar ulleres especials. La consola permet regular el nivell tridimensional al que es vol veure el joc o desactivar-lo i jugar en 2D. A més, disposa de 3 càmeres que permeten capturar vídeos i fotos en 3D. També permet intercanviar dades amb altres jugadors al acostar les consoles, gràcies al *StreetPass* i jugar en línia amb altres jugadors.



**Figura 3.35** Imatge de la consola *Nintendo 3DS*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

**2011** - *Skylanders: Spyro's Adventure* va portar els videojocs al món físic. El joc requeria que els jugadors col·loquessin figures de plàstic en un accessori, que llegia les etiquetes dels joguets per portar els personatges al joc. En els següents anys es van veure diferents seqüeles i altres versions de joguines per a videojocs.

**2011** - Surt al mercat la *PlayStation Vita* de Sony, amb gràfics de gran nitidesa, dos joysticks analògics amb gran capacitat de resposta, i sensors que permeten inclinar, tocar, lliscar i agitar el sistema per moure't per els mons dels jocs. Té una pantalla de 5 polzades i ofereix un color i definició mai vistos en un sistema portàtil, una càmera frontal i una altre posterior. La consola permet jugar a jocs de les *PlayStation 3* i 4.



**Figura 3.36.** Imatge de la consola *PlayStation Vita*. (Font: [www.playstation.com](http://www.playstation.com))

**2012** - La vuitena i actual generació de videojocs va començar amb el llançament de *Wii U* per part de *Nintendo*. Tot i que la *Wii U* tenia un control remot amb pantalla tàctil que permetia jugar fora de la TV, i es podien utilitzar jocs de la *Wii*, va ser un fracàs en ventes, al contrari de la seva competència, i es va deixar de vendre al 2017.



**Figura 3.37.** Imatge de la consola *Wii U*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

**2013** - Surten al mercat la *Playstation 4* i la *Xbox One*.



**Figura 3.38.** Imatges de les consoles *Playstation 4* i *Xbox One*. (Fonts: [www.playstation.com](http://www.playstation.com) i [www.xbox.com](http://www.xbox.com))

**2016** - Sony treu al mercat una versió més potent de la seva consola, anomenada *Playstation 4 Pro*, la primera consola capaç de reproduir vídeos 4K.

**2017** - Nintendo treu el successor de la *Wii U*, anomenada *Nintendo Switch*, l'únic sistema que permet convertir-se en portàtil, fent que no sigui necessària una televisió per jugar-hi.



**Figura 3.39.** Imatge de la consola *Nintendo Switch*. (Font: [www.nintendo.es](http://www.nintendo.es))

**2017** - A finals d'aquest any *Microsoft* comença a vendre la *Xbox One X*, la seva consola 4K.





**Figura 3.40.** Imatge de la consola *Nintendo Switch*. (Font: [www.xbox.com](http://www.xbox.com))

**2014** – Els fundadors de TOAD creen un primer prototipus d'una videoconsola retro i veient el seu èxit comencen a comercialitzar-les. Construïdes artesanalment i equipades amb Raspberry-Pi 3B+ permeten jugar a tots els videojocs de sales recreatives, consoles o microordinadors de 8 i 16 bits retro. Es necessari connectar la consola a una televisió.



**Figura 3.41.** Imatge de la consola *Time Machine V3+* de TOAD. (Font: [www.toad.es](http://www.toad.es))

### 3.2.9. Futur

Amb les seves noves consoles, *Sony* i *Microsoft* tenen actualment els seus objectius en els jocs de realitat virtual, una tecnologia que té el potencial de canviar la manera en què els jugadors experimenten els videojocs.

## 4. Normativa

A l'hora de realitzar el projecte s'ha tingut en compte les normatives existents per els components de hardware i software utilitzats.

### 4.2. Normativa de hardware

La normativa referent al hardware té com a objectiu assegurar la integritat física i salut de l'usuari, així com la del propi dispositiu i dispositius que es troben al voltant.

#### 4.2.1. Restriction of Hazardous Substances Directive (RoHs)

La directiva 2002/95/EC de restricció de substàncies perilloses en dispositius elèctrics i electrònics, va ser creada a la Unió Europea l'any 2002, i actualitzada el passat 2015. Aquesta restringeix l'ús de deu materials en productes elèctrics i electrònics a tots els països de la Unió Europea.

Aquesta directiva especifica el nivell màxim de les següents 10 substàncies:

- Plom (Pb): < 1000 ppm
- Mercuri (Hg): < 100 ppm
- Cadmi (Cd): < 100 ppm
- Crom Hexà valent (Cr VI): < 1000 ppm
- Bifenils polibromats (PBB): < 1000 ppm
- Èter di fenílic polibromat(PBDE): < 1000 ppm
- Doní-2-etilhexilftalat(DEHP): < 1000 ppm
- Butenil benzil ftalat(BBP): < 1000 ppm
- Ftalat de di isobutil (DIBP): < 1000 ppm
- \*ppm= parts per milió

La directiva s'aplica en les següents categories d'aparells electrònics:

- Categoria 1. Grans electrodomèstics de la llar: refrigeradors, rentadores, cuines elèctriques, aparells d'aire condicionat.
- Categoria 2. Petits electrodomèstics de la llar: aspiradores, assecadors de cabell, cafeteres, planxes.
- Categoria 3. Equips d'informació i comunicació: ordinadors, impressores, fotocopiadores, telèfons.
- Categoria 4. Electrònica de consum: TVs, reproductors de DVD, altaveus, càmeres de vídeo.
- Categoria 5. Il·luminació: làmpades, bombetes, accessoris d'il·luminació.

- Categoria 6. Eines elèctriques: trepants, serres, pistoles de claus, polvoritzadors, torns, retalladores, bufadors.
- Categoria 7. Juguines i equipament d'esport: videojocs, trens elèctrics, cintes de córrer
- Categoria 8. Dispositius i equips mèdics.
- Categoria 9. Equips de control i monitorització.
- Categoria 10. Dispensadors automàtics: màquines expenedores, caixers automàtics.
- Categoria 11. Tots els altres equips elèctrics i electrònics (EEE) no coberts per les altres categories.

Tal i com es pot observar, les videoconsoles entre dins de la categoria 7, i per tant, ens hem d'assegurar de que el nostre projecte no contingui cap de les substàncies anomenades anteriorment, ja sigui en els components comprats com en els components de fabricació pròpia.

#### **4.2.2. Waste from Electrical and Electronic Equipment (WEEE)**

La directiva 2002/96/EC de residus d'equips elèctrics i electrònics obliga el tractament, la recuperació i el reciclatge d'equips elèctrics i electrònics. Tots els productes aplicables del mercat de la Unió Europea han de superar el compliment de la directiva WEEE i han de portar l'adhesiu de la "Wheelie Bin".

Aquesta directiva estableix un total de 10 categories de productes aplicables:

- Grans electrodomèstics
- Petits electrodomèstics
- Equips informàtics i de telecomunicacions
- Equips de consum
- Equips d'il·luminació
- Eines elèctriques i electròniques
- Juguines, material d'oci i esportius
- Aparells mèdics
- Instruments de control i monitorització
- Dispensadors automàtics

El compliment de WEE pretén fomentar el disseny de productes elèctrics i electrònics amb un reciclatge i una recuperació ecològics. El compliment de RoHs s'integra en la WEE reduint la quantitat de productes químics perillosos utilitzats en la fabricació d'aquests equips.

Dit d'una altra manera, RoHs regula les substàncies perilloses utilitzades en equips elèctrics i electrònics, mentre que la directiva WEE regula la disposició d'aquests equips.

#### 4.2.3. Directiva 2006/66/EC

La directiva 2006/66/EC del Parlament Europeu sobre les bateries i acumuladors i residus de bateries i acumuladors i que deroga a la directiva 91/157/CEE va ser adoptada el 2006 i s'ha vist subjecta a varies revisions, sent la última el 2013.

Les bateries normalment contenen substàncies perilloses com el mercuri, el cadmi i el plom, que si són incinerades o abocades al terra, existeix un risc per a la salut humana o mediambiental. Aquesta directiva regula la fabricació i el tractament de residus de les bateries en la Unió Europea amb l'objectiu de millorar l'impacte ecològic de les bateries i acumuladors.

La directiva 2006/66/EC estableix:

- Estableix quantitats màximes per a determinats productes químics i metalls en determinades bateries.
- Promou tasques als Estats membres que fomenten la millora del rendiment ambiental de les bateries.
- Requereix una correcta gestió dels residus d'aquestes piles, incloent el reciclatge, col·lecta i programes de recuperació.
- Estableix les taxes de recollida de residus de bateries.
- Estableix la responsabilitat financera dels programes.
- Estableix normes que cobreixen la major part de les fases d'aquesta legislació, inclòs l'etiquetatge, documentació, ressenyes i altres processos administratius.

En el cas d'utilitzar una bateria en la nostra videoconsola, ens haurem d'assegurar que aquesta compleix amb la directiva esmentada en aquest apartat.

#### 4.2.4. Directiva 2014/30/UE

Tots els dispositius o instal·lacions elèctriques influeixen entre ells quan estan interconnectats o prop d'un altre. La compatibilitat electromagnètica es defineix com la capacitat d'un sistema, equip o producte de funcionar correctament, sense causar interferències electromagnètiques a altres equips, però, a la vegada, ser insensible a les emissions que puguin generar altres sistemes.

Les interferències electromagnètiques es defineixen com l'energia electromagnètica provenint dels seus generadors que afecta adversament, creant respostes indesitjades al sistema receptor. Aquestes poden ser contínues o transitòries.

Les tres regles bàsiques d'un bon disseny d'un equip compatible electromagnèticament són:

- L'equip no causa interferències a altres equips.
- L'equip no es susceptible a les emissions d'altres equips.
- L'equip no es causa interferències a si mateix.

El propòsit de la directiva 2014/30/UE respecte la compatibilitat electromagnètica (EMC) és mantenir aquests afectes secundaris sota control. EMC designa totes les tècniques i tecnologies existents i futures per reduir la pertorbació i augmentar la immunitat.

Aquesta directiva s'assegura de que els dispositius elèctrics i electrònics no generin o no es vegin afectats per pertorbacions electromagnètiques.

La directiva limita les emissions electromagnètiques dels dispositius per tal de garantir que, quan s'utilitzin correctament, aquests no pertorbin la ràdio i la telecomunicacions, així com altres dispositius. La directiva també regula el límit d'immunitat d'aquests dispositius a les interferències i busca assegurar-se que els dispositius no es pertorbin per les emissions de ràdio o altres dispositius quan s'utilitzin correctament.

### **4.3. Normativa de software**

La normativa de software es centra en el dret d'autor de programes i codis. Per tant, hem de tenir en compte els drets d'autor dels videojocs consultats i les llicències d'ús dels software utilitzat per a la realització del projecte.

#### **4.3.1. Directiva 2009/24/EC**

La directiva 2009/24/EC sobre protecció jurídica dels programes informàtics, és una mesura de drets d'autor que pretén harmonitzar la legislació dels Estats membres de la Unió Europea en matèria de protecció de programes informàtics per tal de crear un entorn jurídic que proporcioni una certa seguretat contra la reproducció no autoritzada d'aquests programes.

A l'hora de realitzar el projecte es respectaran tots els drets d'autor dels programes de software consultats.

#### **4.3.2. Llicències d'ús del software utilitzat**

Per la realització del projecte s'han utilitzat les següents eines de desenvolupament:

- EAGLE (Easily Applicable Graphical Layout Editor), un programa de l'empresa Autodesk, utilitzat en el disseny del circuit i la PCB. No es tracta d'un programa de codi lliure, però es pot



obtenir una versió gratuïta d'ús reduït o obtenir una llicència de tres anys gratuïta de la versió per a estudiants. En aquest projecte s'utilitza la versió gratuïta.

- Arduino IDE és un programa de codi lliure que es pot descarregar de forma gratuïta a la seva pàgina web, tot i que també accepten donacions. Arduino té el títol exclusiu del projecte Arduino IDE, el coneixement relacionat i tota la informació tècnica i comercial relacionada amb aquest projecte.
- Solidworks és un programa de l'empresa Dassault Systemes, i tot i que no és un software de lliure distribució existeix una versió gratuïta per a estudiants, la qual ha estat utilitzada al realitzar el projecte.

A més, s'han utilitzat eines per al desenvolupament de la memòria de Microsoft Office i Adobe, disposant de les corresponents llicències per a utilitzar-los.

#### 4.3.3. Propietat intel·lectual dels videojocs

La propietat intel·lectual és el conjunt de drets que corresponen als autors respecte les seves creacions.

Els videojocs realitzats en el projecte es tracten d'imitacions dels populars videojocs *SNAKE* i *PONG*, amb alguna variant.

A l'hora de realitzar els videojocs no es pot utilitzar el codi, disseny i sons originals, però si que està permès utilitzar els conceptes del joc.

Tant l'*Snake* com el *PONG* són actualment *trademarks* registrades per Nokia i Atari Interactiva, Inc. Respectivament, per el que el videojocs desenvolupats no poden anomenar-se així.

En aquest cas, el projecte realitzat no vulnera cap dret d'autor.

## 5. Enginyeria de concepció

En aquest apartat s'exposa la solució adoptada per al projecte, així com les especificacions del hardware i software.

### 5.2. Solució adoptada

Després d'un estudi i recerca d'informació, es decideix com es vol que sigui la videoconsola. Inspirada amb les videoconsoles de TOAD i aprofitant les tecnologies actuals, es decideix que la videoconsola tingui el control a partir d'un Arduino UNO, però en aquest cas, l'estudiant crearà la placa, fent el que es coneix com *Arduino Uno stand alone*. D'aquesta manera, serà possible utilitzar el software d'Arduino per programar el microcontrolador, que inclou l'editor de text, compilador i gravador en el mateix programa, però es posarà en pràctica el disseny de circuits.

Per el que fa al software, estarà basat en els populars videojocs *PONG* i *Snake*.

El disseny de la videoconsola estarà inspirat en la mítica *Game Boy* de Nintendo.

L'elecció dels components del projecte s'ha realitzat tenint en compte les necessitats principals i les possibles modificacions o ampliacions del projecte en un futur.

#### 5.2.1. Microcontrolador

Les principals característiques que s'han tingut en compte a l'hora d'escollir el microcontrolador ha sigut el número de pins digitals i analògics, la seva memòria RAM i ROM i la disponibilitat del software per tal de programar-lo.

El microcontrolador utilitzat en el projecte és el model ATmega328P de 28 pins de la marca Atmel. Aquest microcontrolador és l'utilitzat en les targetes Arduino UNO.

Es tracta d'un CMOS de baixa potència de 8 bits, basat en l'arquitectura AVR. AVR és una arquitectura basada en RISC (Reduced Instruction Set Computer). L'arquitectura d'un microprocessador o microcontrolador, detalla l'estructura interna del mateix i com es conforma la distribució, accés i control dels diversos blocs que componen el microcontrolador.

L'arquitectura AVR té com a funció principal assegurar la correcta execució del programa. Per tant, la CPU ha de poder accedir a la memòria, realitzar càlculs, controls perifèrics i manejar interrupcions. Per tal de millorar el rendiment i paral·lelisme, l'AVR utilitza una estructura Harvard, amb busos i memòria separats per programes i dades.



La memòria de l'ATmega328P està formada per:

- Memòria no volàtil: 32KByte de programa Flash auto-programable, 1KByte d'EEPROM i 2KByte de SRAM interna.
- Memòria volàtil: 2KBytes SRAM interna per a les variables locals i dades parcials.

Les característiques perifèriques del microcontrolador són les següents:

- Dos temporitzadors (Timer) i comptador de 8-bits
- Un temporitzador (Timer) i comptador de 16 bits
- 6 canals PWM
- Convertidor analògic-digital de resolució ajustable de 8 bits fins a 10 bits amb capacitat de ser utilitzat com a sensor de temperatura.
- Comunicació sèrie USART
- Bus SPI mestre/esclau
- Interrupcions tant internes com externes i mode de despertar davant de qualsevol canvi d'estat en el PIN.
- 23 pins d'E/S digitals i analògiques

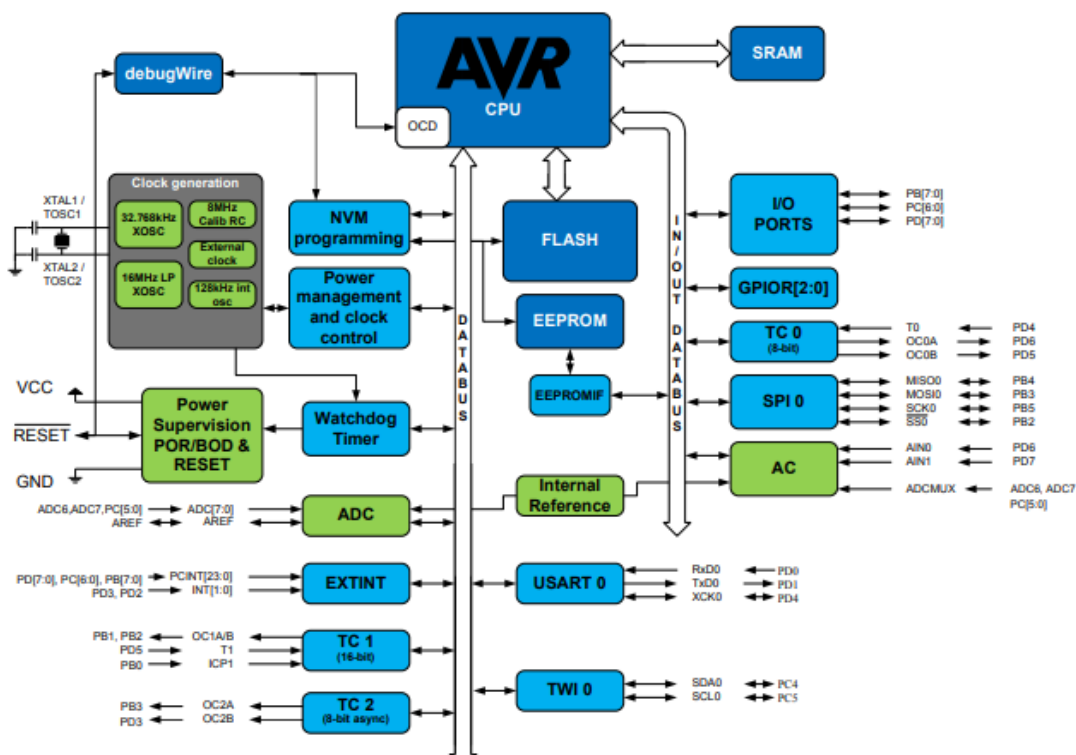
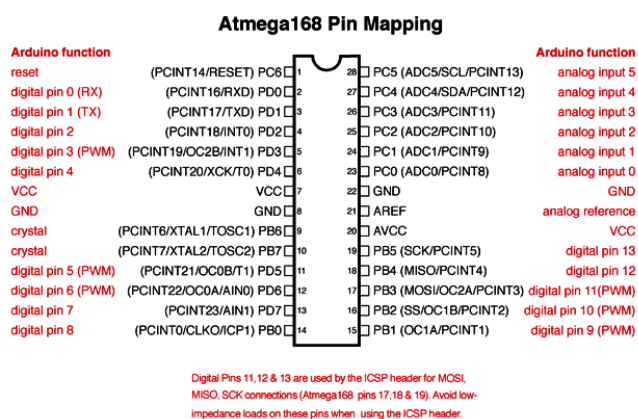


Figura 5.1. Diagrama de blocs de l'ATmega328P. (Font: Atmel)



El principal inconvenient d'aquest microcontrolador es que tan sols admet interrupcions en dos dels pins digitals.

A continuació es troba l'equivalència de pins entre el microcontrolador i la targeta Arduino UNO, que serà necessària a l'hora de programar.



**Figura 5.2.** Equivalència de pins entre l'ATmega328P i l'Arduino UNO. (Font: Arduino )

## 5.2.2. Visualització

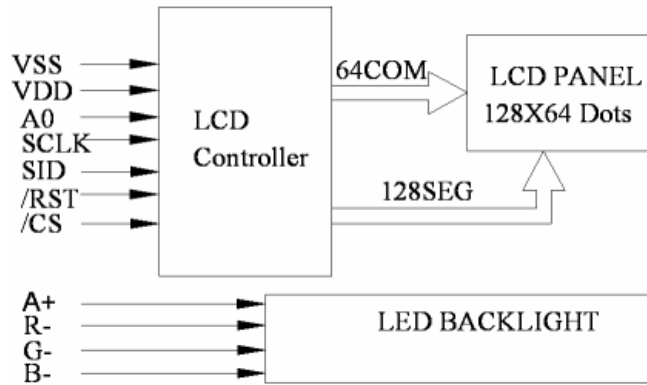
Per a la visualització s'ha considerat que una pantalla GLCD és la més adient al tipus de projecte a realitzar. Les pantalles gràfiques es diferencien de les pantalles LCD en que poden mostrar píxels a més de text.

Per a la visualització del projecte s'utilitza la pantalla ST7565 d'Adafruit Industries. És tracta d'una pantalla gràfica LCD Positiva (128x64) amb interfície serial/SPI i controlada per el controlador Sitronix ST7565P.



**Figura 5.3.** Pantalla GLCD ST7565 d'Adafruit Industries. (Font: Adafruit Industries)

Per al funcionament de la pantalla aquesta disposa del LCM ST7565P de Sitronix, un driver i controlador LSI per a sistemes de visualització de cristall líquid de matriu de punts gràfiques. Aquest xip pot ser connectat directament a un microprocessador, i accepta dades de visualització en sèrie o paral·lel de 8 bits.



**Figura 5.4.** Diagrama de blocs del GLCD ST7565 d'Adafruit Industries. (Font: )

Es tracta d'una pantalla monocromàtica amb llum de fons, amb 128x64 píxels que apareixen en gris fosc sobre una fons blau-verd.

La seva interfície en Sèrie permet utilitzar pocs pins (4 o 5) per a la seva connexió amb el microcontrolador, deixant-ne més de lliures per a les altres funcions del projecte, però només permet escriure, i no llegir, per tant el microcontrolador necessitarà 1024 bytes de memòria RAM per al display.

Per altra banda, al treballar a 3.3 V serà necessari utilitzar un buffer o regulador de nivell de tensió per tal de passar dels 5 V que treballa l'ATmega328P a la pantalla.

Adafruit Industries proporciona una llibreria per tal de poder programar-la amb més facilitat.

### 5.2.3. Arduino UNO

L'Arduino UNO es una placa de microcontrolador de codi obert àmpliament utilitzada basada en l'ATmega328P i desenvolupada per Aruino.cc.



**Figura 5.5.** Placa Arduino UNO. (Font: Arduino.cc)

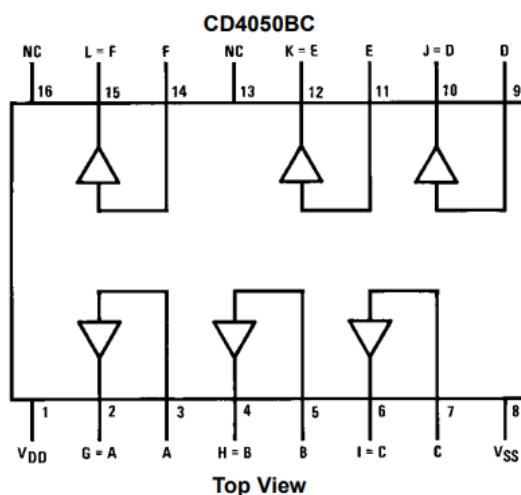
En aquest projecte tan sols s'utilitza la placa per tal de carregar el programa al microcontrolador, però no és utilitzada posteriorment en la videoconsola.

Serà necessària la versió que disposa d'un sòcol que fa que el microcontrolador sigui extrudible fàcilment i poder utilitzar el del projecte.

#### 5.2.4. Regulador de tensió

En aquest projecte seran necessaris dos reguladors de tensió diferents:

El CD4050BC és tracta d'un buffer hexadecimal CMOS construït amb transistors amb el mode de millora de canal N- i P-. Aquests dispositius realitzen una conversió de nivell lògic utilitzant només una tensió d'alimentació.



**Figura 5.6.** Diagrama intern del xip CD4050bc. (Font: Fairchild Semiconductor)

S'utilitzarà per poder connectar els pins utilitzats de l' ATmega328P per controlar i enviar dades a la pantalla ST7565, doncs el primer treballa a 5V i la pantalla a 3.3V.

El circuit integrat del LM7803 està format per una combinació de transistors bipolars NPN i PNP. Serà utilitzat per a la conversió de l'alimentació de 5V a 3.3V per alimentar als components que treballen a aquesta tensió.

### 5.2.5. Control

La interfície d'usuari és realitzarà a partir botons de commutador tàctic del tipus normalment oberts connectats amb les resistències en el mode pull-down. D'aquesta manera, estaran en estat Baix i quan siguin premuts passaran a estar a estat Alt.



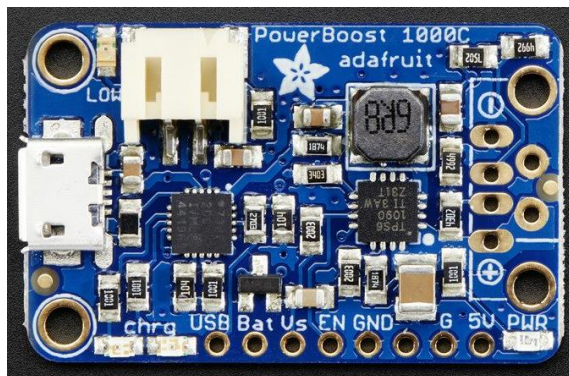
**Figura 5.7.** Botó de commutador tàctic Omron. (Font: Omron)

S'utilitzaran 6 polsadors Omron B3F-40XX (12mm x 12mm x 6mm) per controlar els moviments en els jocs i 3 polsadors Omron B3F-10XX (6mm x 6mm x 5mm) per al reset, start i select.

### 5.2.6. Alimentació

Per tal d'alimentar el circuit s'utilitzarà el PowerBoost 1000C d'Adafruit Industries, i la bateria LP903759 de Cellevia Batteries d'ió liti en polímer recarregable de 3.7V i 2200mAh.

El PowerBoost 1000C és una font d'alimentació de mida reduïda amb un circuit incorporat de carregador de bateries de càrrega compartida. El mòdul de convertidor de potència DC/DC pot ser alimentat per qualsevol bateria de Lilon/LiPoly de 3.7V i converteix la sortida de la bateria a 5.2V per poder executar projectes a 5V. Utilitza el convertidor boost TPS61090 de Texas Instrument per al seu funcionament.



**Figura 5.8.** Powerboost 1000C d'Adafruit Industries. (Font: Adafruit Industries )

A més, també s'utilitzarà un interruptor lliscant per tal de controlar l'encesa i apagada de la font d'alimentació.

### 5.2.7. Eines de desenvolupament

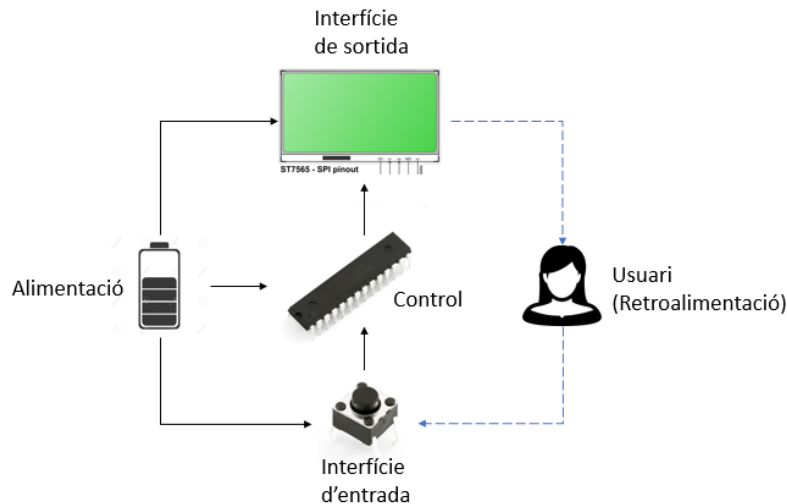
Per a desenvolupar el projecte s'ha disposat de les següents eines de desenvolupament per tal de dissenyar el circuit, escriure el programa del microcontrolador, compilar-lo i gravar-lo i finalment dissenyar la carcassa de la videoconsola.

- Última versió disponible a l'inici del projecte d'Eagle en versió gratuïta d'estudiant per al disseny del circuit i de la PCB.
- Arduino IDE 1.8.7, última versió disponible a l'inici del projecte utilitzat per a l'edició del codi, compilació i gravació al microcontrolador.
- SolidWorks versió gratuïta d'estudiant per al disseny en 3D de la carcassa de la videoconsola.

## 5.3. Hardware

La solució adoptada del projecte consta d'una entrada, un control, una sortida i una retroalimentació i una alimentació del sistema.

- Entrada: Formada per el conjunt de polsadors.
- Control: Implementat amb el microcontrolador ATmega328P.
- Sortida: Formada per la pantalla GLCD ST7565.
- Retroalimentació: L'usuari serà el responsable de la retroalimentació utilitzant els polsadors.
- Alimentació del sistema: Formada per els components detallats anteriorment (PowerBoost 1000C i bateria recarregable).

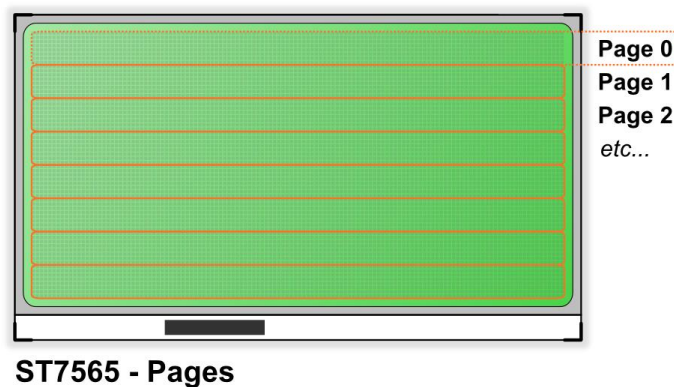


**Figura 5.9.** Diagrama de blocs. (Font: Pròpia )

### 5.3.1. Visualització

La visualització del sistema es realitzarà a través de la pantalla gràfica LCD ST7565, utilitzant el sistema de coordenades per tal de situar els píxels a la pantalla.

Una pantalla 128x64 està formada per 8 pàgines cadascuna de les quals és té 8 píxels d'altura i 128 d'amplada.



**Figura 5.10.** Esquema d'una pantalla ST7565 128x64. (Font: David Cannings)

Per tal de controlar la visualització s'haurà de realitzar el connexionat dels següents pins amb el 4050 i el microcontrolador ATmega328P:

- 1. /CS – Chip Select
- 2. /RST – Reset
- 3. A0 – També anomenat RS

- 4. SCLK – Relotge serial
- 5. SID – Dades d'entrada en sèrie
- 6. VDD – Alimentació a 3.3V
- 7. GND – Terra
- 8. K – Càtode LED
- 9. A – Ànode LED

### 5.3.2. Microcontrolador

El circuit del microcontrolador, amb el seu circuit de funcionament bàsic, és un equivalent de la placa Arduino UNO configurada en *stand alone*.

El microcontrolador es col·loca a la placa PCB utilitzant un sòcol, per el que aquest es pot extreure. D'aquesta manera l'usuari pot intercanviar-lo fàcilment i programar altres videojocs compatibles amb la videoconsola.

Per a programar l'ATmega328P serà necessària una placa Arduino Uno amb el microcontrolador extrudible, connectar-lo a un ordinador i carregar el software des de Arduino IDE.

### 5.3.3. Comandaments

Per tal de que l'usuari pugui interaccionar amb el microcontrolador, es disposa del conjunt de polsadors esmentats anteriorment. Aquests es poden configurar de diferents maneres depenent del nombre de jugadors o les accions desitjades si es programen altres jocs.

Cada botó realitzarà una funció alternativa durant els menús o jocs, però se'ls anomenarà de la mateixa manera des del principi, per saber de quin polsador es tracta.

Actualment consta dels següents controls:

- Direcció: Up, Down, Left i Right, per a moure's per els diferents menús i controlar la direcció dels moviments en els videojocs.
- Selecció: A, B, Start i Select utilitzats per a la selecció en els diferents menús, detenir les partides i en el cas de dos jugadors també s'utilitzen per a controlar la direcció.
- Reset: Per resetejar el sistema.



## 5.4. Software

El software del projecte consta de la interfície principal, i un software comú, a més dels dos videojocs: “Serp” i “Tenis”.

### 5.4.1. Interfície principal

Formada per el document Software.ino, Buttons.h i Menu.h.

- El Software.ino inclou el set up principal per tal d’inicialitzar la visualització a la pantalla, la definició dels diferents modes dels pins del microcontrolador i fa una crida al menú principal, comú per als dos jocs.
- En Buttons.h es defineixen els pins de l’GLCD i inclou la classe botons, utilitzada per crear els diferents botons, i es programen les funcions necessàries per a la seva lectura, depenent de si hi ha un o dos jugadors.
- Menu.h inclou les funcions necessàries per crear els menús. Inclou el menú principal, el menú d’inici (diferent per a cada joc) per seleccionar el nivell o mode del joc, el menú de pausa dels jocs i el que apareix al finalitzar una partida.



**Figura 5.11.** Disseny dels diferents menús de la videoconsola. (Font: Pròpia)

### 5.4.2. Joc Serp

El primer joc es tracta d’una clonació del clàssic “Snake” sorgit en les sales recreatives als anys 70 i popularitzat el 1998 quan Nokia el va incloure en els seus telèfons mòbils.



El joc consisteix en una serp i una engruna de manera que l'usuari ha de controlar els moviments de la serp per tal d'aconseguir menjar-se l'engruna, sense xocar contra si mateixa o els límits de la pantalla, i d'aquesta manera fer créixer la serp.

A l'inici de la partida es col·loca el menjar en una posició aleatòria de la pantalla i la serp a una posició concreta. La serp sempre començarà movent-se cap a la dreta. La serp es desplaçarà per la pantalla segons els comandaments del jugador, i en cas de menjar-se l'engruna, la serp creixerà i es col·locarà una altre engruna de manera aleatòria en la pantalla.

El jugador haurà d'utilitzar els botons Up, Down, Left i Right per canviar de direcció durant la partida. A més, en cas necessari podrà pulsar el botó Select per aturar el joc.

En el cas de que el jugador xoqués contra si mateix o amb els límits de la pantalla, el jugador perdria la partida. Per altra banda, si el jugador no xoques i arribés a fer créixer la serp al seu màxim, guanyaria la partida.

El joc està disponible en dos nivells diferents:

- Fàcil: La serp es mou a una velocitat baixa i comença amb una llargada menor.
- Difícil: La serp es mou a una velocitat elevada i comença amb una llargada major.



**Figura 5.12.** Disseny dels menús d'inici de la Serp i joc de la Serp. (Font: Pròpia)

### 5.4.3. Joc Tennis

El joc Tennis està inspirat en el clàssic *PONG* creat per Atari el 1972.

El joc consisteix en fer rebotar una pilota amb una raqueta per tal de que aquesta no es surti de la pantalla.

El joc està disponible en dos modes:

- 1 Jugador: Es tracta d'un frontó, on la pilota rebotarà en les parets de la pantalla, exceptuant en la que es troba la raqueta. Si el jugador no toca la pilota, i aquesta surt de la pantalla perd la partida. En el cas de que toqui la pilota, aquesta rebotarà i la partida continuarà. Si es toquen les parets rebotarà i canviarà de sentit.
- 2 Jugadors: Es tracta d'una partida de tennis on els jugadors hauran d'aconseguir tocar la pilota i fer-la rebotar per tal de guanyar la partida. Si el jugador 1 falla i no toca la pilota, el jugador 2 guanyarà un punt, i a la inversa. Quan un dels dos jugadors arriba a 10 punts s'acaba la partida. Si la pilota toca les parets superiors o inferiors de la pantalla, aquesta rebotarà i canviarà de sentit.

Al iniciar la partida es dibuixa la pista i la raqueta depenent del mode en el que estiguem jugant i es dibuixa una pilota a una posició X fixe i una posició Y aleatòria. Sempre comença desplaçant-se cap a la dreta.

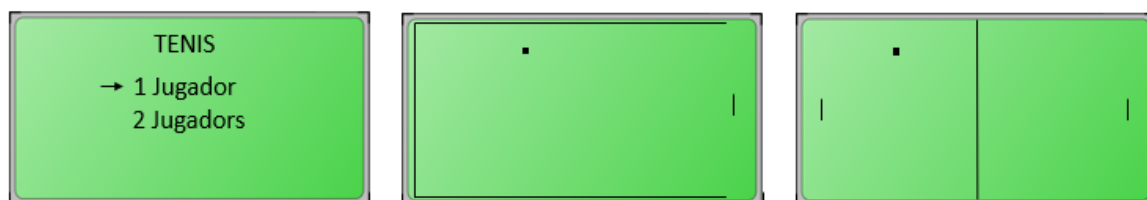
En el cas del mode de 2 jugadors, si un dels jugadors falla i no toca la pilota i, no s'ha arribat a la puntuació màxima, tornarà a sortir una pilota a la posició X inicial i la posició Y a la que es trobava al sortir de la pantalla, i anirà cap al jugador contrari.

Els comandaments a utilitzar durant el joc són els següents:

- Jugador 1:
  - Left, per desplaçar la raqueta cap amunt.
  - Right, per desplaçar la raqueta cap avall.
- Jugador 2:
  - A, per desplaçar la raqueta cap amunt
  - B, per desplaçar la raqueta cap avall.

En els dos casos, si el jugador prem tan sols una vegada el botó, la raqueta es desplaçarà 3 píxels, en cas de que el jugador mantingui premut el polsador la raqueta es desplaçarà per la pantalla fins que el jugador deixi de prémer, o en cas contrari, s'arribi a la part superior o inferior de la pantalla.

Durant la partida es pot prémer el botó Select per aturar el joc.



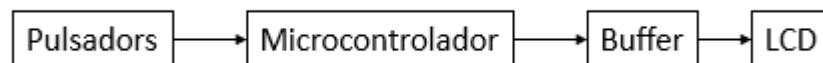
**Figura 5.13.** Disseny del menú d'inici del Tennis i joc de Tennis en els modes d'1 i 2 jugadors. (Font: Pròpia)

## 6. Enginyeria de detall

En aquest capítol s'especifica el disseny complet del hardware i del software al detall.

### 6.2. Esquemes de detall del hardware

El hardware principal està format per la visualització, control, alimentació i comandaments, però el disseny d'aquest també inclou elements auxiliars o secundaris de protecció.



**Figura 6.1.** Esquema de blocs. (Font: Pròpia)

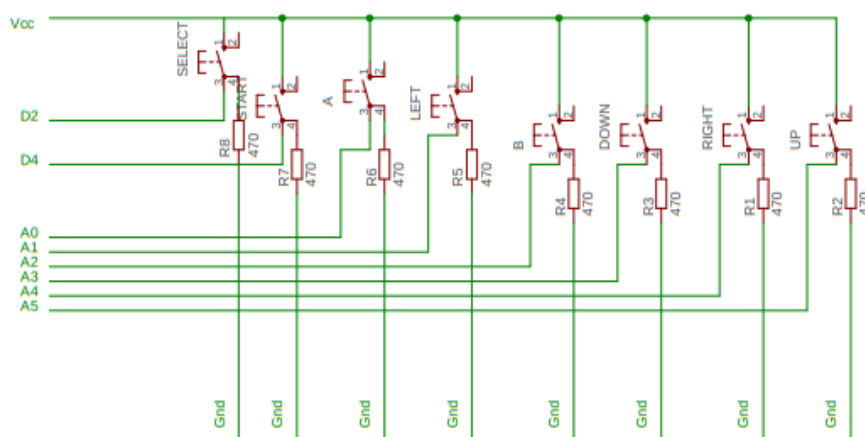
El disseny del circuit es pot trobar adjuntat amb els esquemes corresponents a l'annex corresponent. El disseny està implementat en un circuit imprès en una placa PCB (160mm x 100mm) de fibra de vidre de dos cares positives i tots els components utilitzats són d'incursió.

#### 6.2.1. Comandament

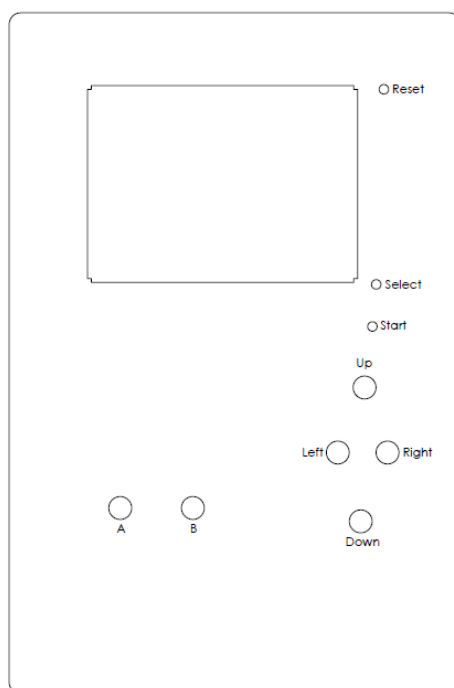
Aquest bloc de la videoconsola consta dels 8 pulsadors necessaris per a la interacció de l'usuari. Aquests botons són normalment oberts i estan connectats amb resistències Pull-Down.

Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, els botons realitzaran diferents funcions depenent del menú o joc en el que ens trobem, però se'ls hi ha assignat un nom per tal de saber de quin es tracta. Un dels inconvenients de l'ATmega328P és que tan sols permet programar interrupcions en dos dels pins digitals.

- Start: Connectat al pin digital 4 del microcontrolador. Sempre que sigui premut enviarà el valor 7.
- Select: Connectat al pin digital 2 del microcontrolador. S'utilitzarà amb interrupcions.
- Up: Connectat al pin analògic 5. Sempre que sigui premut enviarà el valor 1.
- Down: Connectat al pin analògic 3. Sempre que sigui premut enviarà el valor 2.
- Left: Connectat al pin analògic 1. Sempre que sigui premut enviarà el valor 3.
- Right: Connectat al pin analògic 4. Sempre que sigui premut enviarà el valor 4.
- A: Connectat al pin analògic 0. Sempre que sigui premut enviarà el valor 5.
- B: Connectat al pin analògic 2. Sempre que sigui premut enviarà el valor 6.



**Figura 6.2.** Esquema dels botons de la placa en EAGLE. (Font: Pròpia)

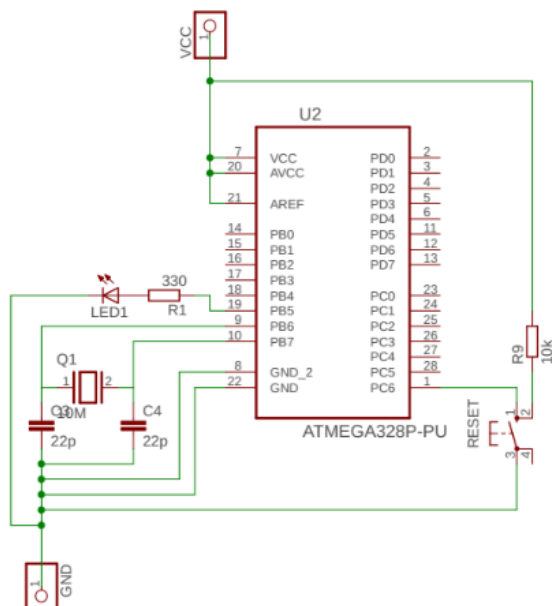


**Figura 6.3.** Distribució dels botons en la videoconsola. (Font: Pròpia)

La configuració dels polsadors en mode Pull-Down s'ha realitzat utilitzant resistències de  $420\Omega$  connectades entre el polsador i terra.

## 6.2.2. Microcontrolador

Per al correcte funcionament de l'ATmega328P primer hem carregat el Bootloader d'Arduino corresponent, utilitzant una placa Arduino UNO i el software Arduino IDE. A continuació s'ha realitzat el seu muntatge bàsic tal i com es detalla en el següent esquema:



**Figura 6.4.** Esquema del muntatge bàsic de l'ATmega328P en EAGLE. (Font: Pròpia)

El circuit bàsic per el funcionament del microcontrolador consta de les següents parts:

- Alimentació positiva a 5V i a terra.
- Un rellotge extern format per un oscil·lador de 16MHz de cristall de quars i dos condensadors de 22pF per evitar arrissats en la tensió que provoquin el mal funcionament de la màquina.
- Un sistema de reset, format per un polsador normalment obert amb resistència pull-up de 10KΩ.
- A més, s'ha col·locat un LED amb una resistència protectora de 330Ω, per tal de comprovar el correcte funcionament del microcontrolador.

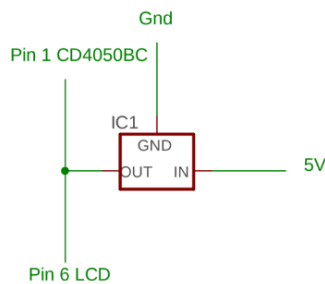
A més, el microcontrolador està connectat als polsadors, i a la pantalla ST7565 a través del buffer CD4050BC.

Tal i com ja s'ha comentat anteriorment, per tal de programar-lo serà necessari extreure'l de la placa PCB (possible gràcies a que aquest està en un sòcol) i posar-lo en un Arduino UNO.

### 6.2.3. Alimentació

L'alimentació del circuit està formada per el PowerBoost 1000C, alimentat amb una bateria recarregable d'ió liti en polímer de 3.7V. El circuit està alimentat a partir d'un cable que proporciona 5V i un altre per terra, soldats a la placa PCB. A més es disposa d'un interruptor per tal d'encendre i apagar l'alimentació del circuit.

A més, s'utilitza un LM7803 per regular la tensió i obtenir 3.3V necessaris per a la alimentació de la pantalla ST7565 i el buffer CD4050BC.



**Figura 6.5.** Esquema del LM7803 en EAGLE. (Font: Pròpia)

### 6.2.4. Visualització

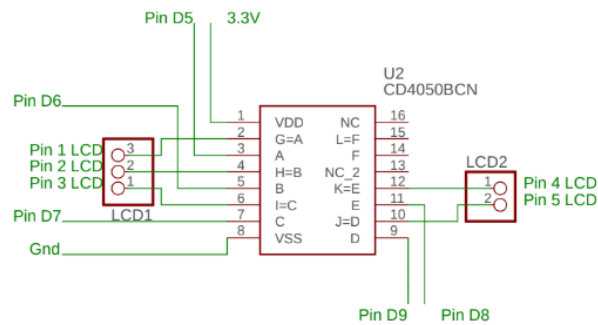
Aquest bloc està format per l'LCD gràfic i el buffer CD4050BC necessari per a la seva connexió amb el microcontrolador i correcte funcionament. El connexionat del GLCD és el següent:

- 1. /CS connectat al pin 2 del 4050.
- 2. /RST connectat al pin 4 del 4050.
- 3. A0 connectat al pin 6 del 4050.
- 4. SCLK connectat al pin 12 del 4050.
- 5. SID connectat al pin 10 del 4050.
- 6. VDD connectat a 3.3V.
- 7. GND connectat a terra.
- 8. K connectat a terra.
- 9. A connectat a 5V a través d'una resistència de 270Ω.

Per altra banda, s'ha de realitzar la connexió entre el CD4050BC i l'ATmega328P de la següent manera:

- Pin 1 del 4050 a 3.3V
- Pin 3 del 4050 al pin 11 (D5) de l'ATmega328P.

- Pin 5 del 450 al pin 12 (D6) de l'ATmega328P.
- Pin 7 del 4050 al pin 13 (D7) de l'ATmega328P.
- Pin 8 del 4050 a Gnd.
- Pin 9 del 4050 al 15 (D9) de l'ATmega328P.
- Pin 11 del 4050 al 14 (D8) de l'ATmega328P.



**Figura 6.6** Esquema del connexionat del CD4050BCa amb la GLCD i microcontrolador en EAGLE. (Font: Pròpia)

### 6.3. Selecció de components i càlculs justificatius

Durant la realització de l'esquema s'han hagut d'escollir certs valors d'alguns components segons les característiques del disseny del circuit. En aquest apartat es justificarà l'elecció d'aquests.

#### 6.3.1. Resistència LED

Per a realitzar el muntatge bàsic s'ha utilitzat un díode LED de color vermell per a comprovar el correcte funcionament del microcontrolador. Tot i que aquest no ha estat utilitzat en el circuit final, ha sigut necessari calcular el valor de la resistència a utilitzar, ja que el LED no es pot connectar directament al microcontrolador, que treballa a 5V, o es cremaria el component. Per evitar que això passi, s'ha decidit posar una resistència en sèrie per minimitzar el corrent que rep el LED.

Sabent que un LED vermell té una caiguda de tensió de 1.6V i una intensitat màxima de 20mA, es pot calcular la resistència necessària.

$$V_{CC} - V_{LED} - I_{LED} \cdot R_{Sèrie} = 0 \quad (\text{Eq. 6.1})$$

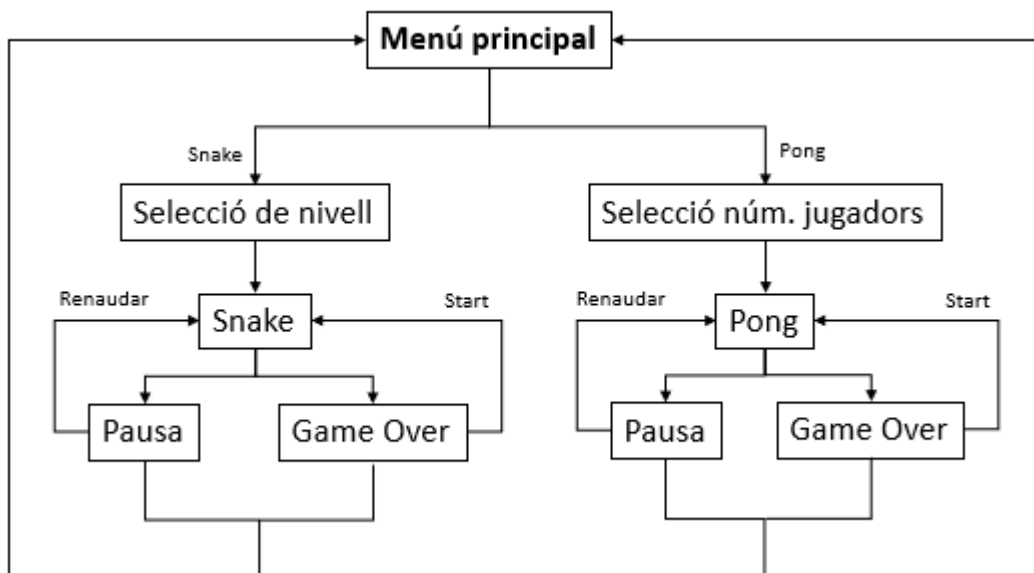
$$R_{Sèrie} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5 - 1,6}{0,02} = 170 \, \Omega \quad (\text{Eq. 6.2})$$

S'obté que la resistència mínima necessària es de  $170\Omega$ , però s'utilitzarà una d'un valor superior per tal d'assegurar el correcte funcionament del LED ja que no és necessita una gran intensitat del LED. Finalment s'ha escollit una resistència de  $330\Omega$  de la sèrie E24 i tolerància del 5%.

## 6.4. Disseny del software

En aquest apartat s'explicarà el disseny del software, així com l'entorn de desenvolupament utilitzat en la realització del projecte. S'explicaran els detalls de programació dels jocs i les seves funcions principals.

El software final ocupa 12688 bytes (39%) de l'espai d'emmagatzematge del programa (memòria FLASH), el màxim és 32256 bytes, i les variables globals utilitzen 1944 bytes (94%) de la memòria dinàmica (SRAM), deixant 104 bytes per les variables locals, el màxim és 2048 bytes.



**Figura 6.7.** Diagrama de blocs del software. (Font: Pròpia)

Quan s'encén la videoconsola, l'usuari pot escollir entre dos jocs, la Serp i el Tenis. En el cas de que es seleccioni el primer joc, apareixerà un segon menú, per a seleccionar si es desitja el nivell fàcil (on la serp es desplaça a menys velocitat i comença amb una llargada menor) o el nivell difícil.

En el cas de seleccionar el Tenis, es mostrarà també un segon menú, però en aquest cas, permetrà seleccionar el número de jugadors (1 o 2 jugadors).



Una vegada seleccionats el nivell o número de jugadors, començarà la partida corresponent. Durant la partida, el jugador pot prémer el botó Select per aturar el joc. L'usuari podrà des d'aquí continuar la partida començada o tornar al menú principal.

En el cas de que s'acabi una partida, es mostrarà per pantalla el menú game over. Aquest menú permet començar una partida amb les mateixes característiques que la anterior (el mateix joc en el mateix nivell o amb el mateix número de jugadors) o en cas contrari, tornar al menú principal.

Per tal d'implementar l'anterior diagrama de blocs, s'han creat 5 arxius diferents, explicats ens els següents apartats.

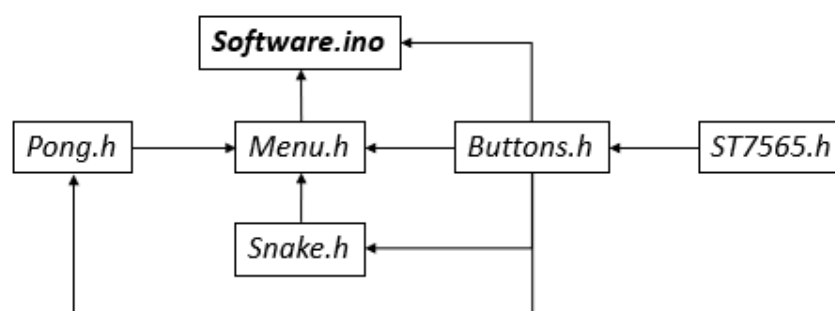
#### 6.4.1. Llibreries utilitzades

L'entorn d'Arduino IDE conté unes llibreries estàndard en el moment de la seva instal·lació. Les llibreries proporcionen una funcionalitat per al seu ús en el codi. És possible ampliar el contingut de les llibreries existents creant-ne de noves o descarregant-ne d'internet de manera molt senzilla.

En aquest projecte, a més de les llibreries estàndard d'Arduino IDE, s'ha utilitzat la llibreria ST7565 llibreria específica per la pantalla escollida, i que posa a disposició el seu fabricant. Aquesta permet escriure, mostrar píxels i caràcters per pantalla, dibuixar rectangles i cercles entre altres, de manera senzilla fent ús de les seves funcions.

Per altre banda s'han creat 4 llibreries específiques per el projecte:

- Buttons: Conté la classe dels botons, la creació d'aquests i les funcions necessàries per llegir els seus estats.
- Menú: Conté les funcions principals per mostrar i navegar per els diferents menús de la videoconsola.
- Snake: Conté les funcions per poder jugar al joc Serp.
- Pong: Conté les funcions per poder jugar al joc Tennis.



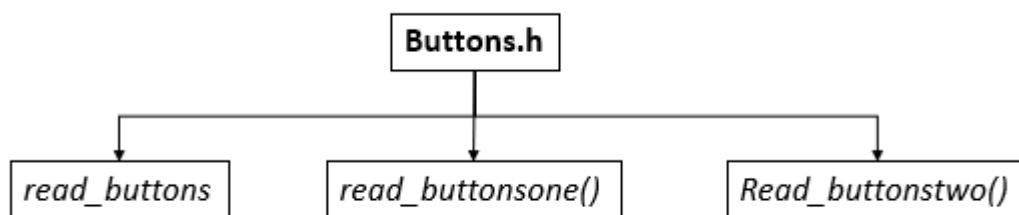
**Figura 6.8.** Diagrama de blocs de la inclusió de les llibreries. (Font: Pròpia)

### 6.4.2. Software.ino

Es tracta del programa principal, on s'inicialitza la visualització per la pantalla i es crida la rutina principal `mainMenu()`, que serà la que executarà totes les funcions del programa.

### 6.4.3. Buttons.h

Aquest arxiu conté la classe `Buttons`, dissenyada per a la creació dels diferents botons utilitzats en la videoconsola. `Buttons.h` conté les següents funcions:



**Figura 6.9.** Diagrama de blocs de `Buttons.h`. (Font: Pròpia)

- `Int read_buttons(void)`: Aquesta funció llegeix les entrades digitals i analògiques on estan connectats els diferents polsadors, i retorna un valor (*returndata*) diferent per a cada botó premut.
- `Int read_buttonsonce(void)`: Aquesta funció llegeix les entrades digitals i analògiques on estan connectats els diferents polsadors utilitzats per el jugador 1 en el joc del Tennis. Retorna un valor (*returndataone*) diferent per a cada botó premut.
- `Int read_buttonstwo(void)`: Aquesta funció llegeix les entrades digitals i analògiques on estan connectats els diferents polsadors utilitzats per el jugador 2 en el joc del Tennis. Retorna un valor (*returdatatwo*) diferent per a cada botó premut.

### 6.4.4. Menu.h

En aquest arxiu es declaren totes les funcions necessàries per als diferents menús de la videoconsola. Des de la funció `mainMenu()` es controlarà tot el funcionament d'aquesta, cridant les diferents funcions dels jocs depenent de les opcions seleccionades en cada menú.

- `Void mainMenu(void)`: Rutina principal de la videoconsola.

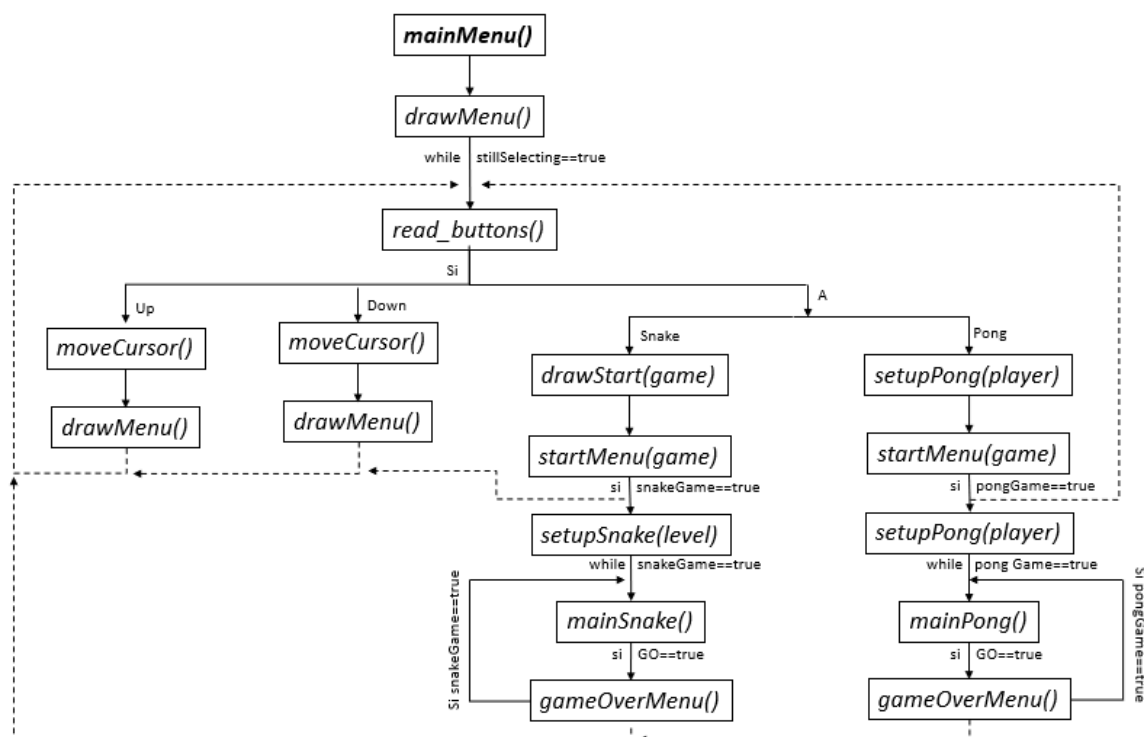


Figura 6.10. Diagrama de blocs de la funció mainMenu(). (Font: Pròpia )

- *Void drawMenu(void)*: Dibuixa el menú principal.
- *Void drawStart(int game)*: Dibuixa el menú per a seleccionar el nivell (Serp) o el número de jugadors (Tenis).
- *Void drawPause(void)*: Dibuixa el menú de pausa.
- *Void gameOver(bool victory, int wplayer)*: Dibuixa el menú de Game Over.
- *Int moveCursor(void)*: Funció per a desplaçar el cursor per els diferents menús.
- *Void gameOverMenu(int game)*: Rutina per actuar dins del menú Game Over.

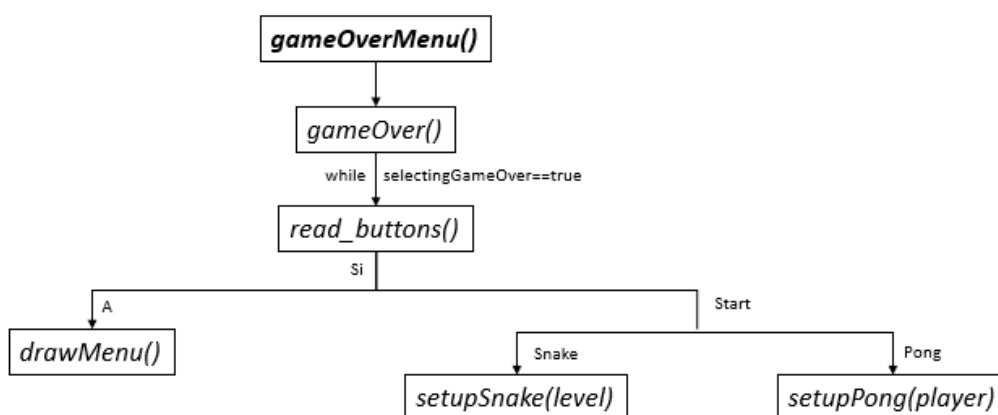


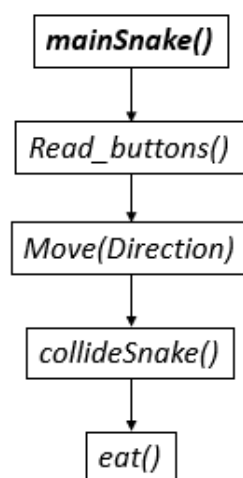
Figura 6.11. Diagrama de blocs de la funció gameOverMenu(). (Font: Pròpia)

- *Void startMenu(int game)*: Rutina principal per el menú d'inici de joc (seleccionar nivell o el número de jugadors).
- *Void pauseMenu(void)*: Rutina principal del menú de pausa.

#### 6.4.5. Snake.h

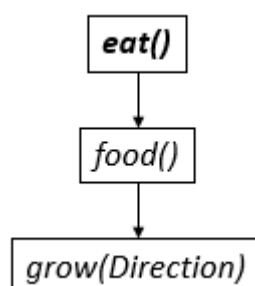
La llibreria Snake.h conté totes les funcions necessàries per executar el joc de la Serp. Les funcions declarades són les següents:

- *Void mainSnake(void)*: Rutina principal del joc Serp.



**Figura 6.12.** Diagrama de blocs de la funció *mainSnake()*. (Font: Pròpia)

- *Void placeSnake(void)*: Col·loca la serp a la posició inicial (sempre a la mateixa posició).
- *Void food(void)*: Col·loca el menjar de manera aleatòria a la pantalla.
- *Void grow(void)*: Funció que fa créixer la serp.
- *Void eat(void)*: Funció que comprova si la serp ha menjat.



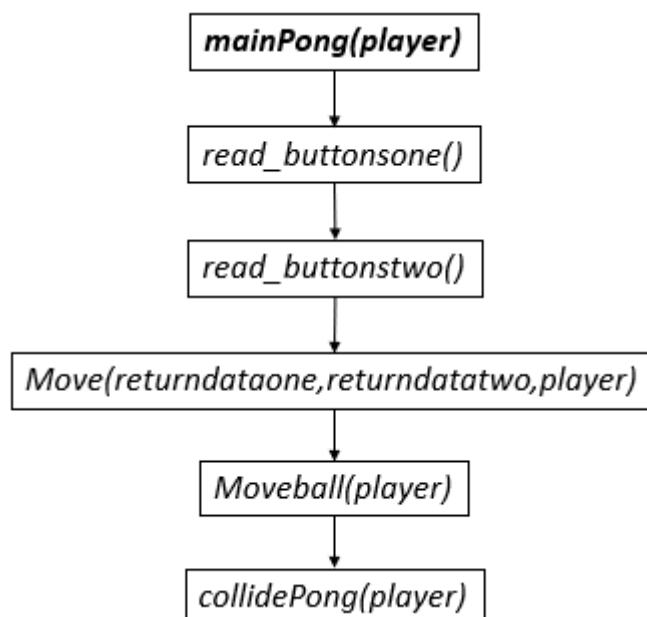
**Figura 6.13.** Diagrama de blocs de la funció *eat()*. (Font: Pròpia)

- *Void collideSnake(void)*: Funció que comprova si la serp ha xocat amb les parets o amb si mateixa.
- *Void Move(char Direction)*: Funció que mou la serp segons la direcció a la que està anant.
- *Void setupSnake(int level)*: Funció que inicialitza el joc de la serp.

#### 6.4.6. Pong.h

Pong.h està formada per les diferents funcions necessàries per executar el joc Tennis. Les funcions declarades són les següents:

- *Void mainPong(int player)*: Rutina principal del joc Tennis.



**Figura 6.14.** Diagrama de blocs de la funció mainPong(player). (Font: Pròpia)

- *Void Move(int returndataone, int returndatatwo, int player)*: Funció que mou la posició de les raquetes depenent del número de jugadors i els botons polsats.
- *Void Moveball(int level)*: Funció que desplaça la pilota per la pantalla.
- *Void collidePong(int player)*: Funció que mira si la pilota xoca amb les parets o amb les raquetes.
- *Void setupPong(int player)*: Funció que inicialitza el joc Tennis.

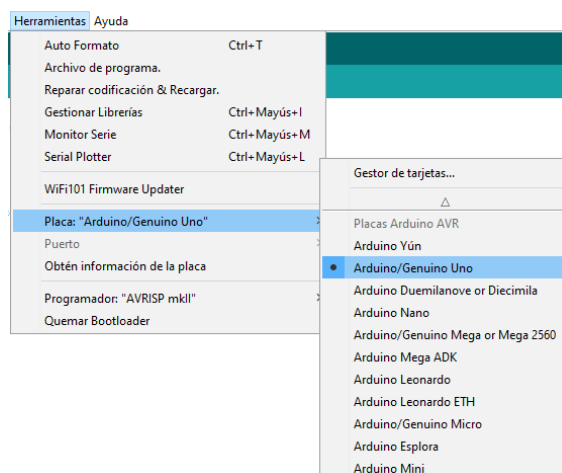
#### 6.4.7. Programació de la videoconsola en l'entorn de l'Arduino IDE

La programació dels videojocs s'ha realitzat amb el programa Arduino IDE, i a més de les llibreries donades per el distribuïdor s'ha utilitzat la llibreria ST7565, proporcionada per el distribuïdor de la pantalla GLCD utilitzada, Adafruit Industries, per a la programació i visualització de la pantalla.

El primer pas a realitzar per a poder utilitzar el microcontrolador és carregar el *Bootloader* perquè Arduino sigui capaç de programar-lo. El *Bootloader* es tracta d'un petit programa, que es guarda al microcontrolador per tal de poder gravar codi sense necessitat de hardware addicional. Aquest només està actiu durant uns segons quan s'encén o reinicia el microcontrolador, i continuació es comença amb el programa carregat en la memòria flash.

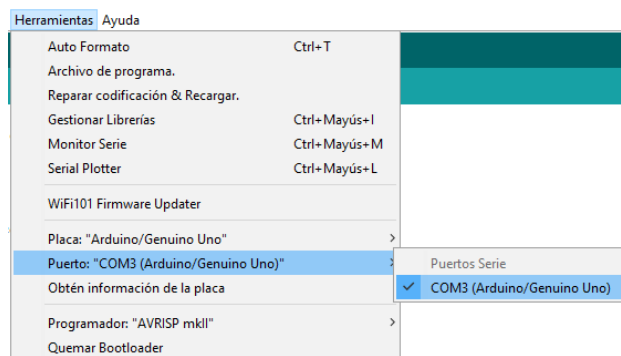
Per fer-ho, s'ha de col·locar el microcontrolador a la placa Arduino UNO, connectar-la a l'ordinador i a continuació, obrir Arduino IDE. Una vegada a dins del programa, cal seguir els següents passos:

- Seleccionar el tipus de placa que estem utilitzant, anant a *Herramientas > Placa > Arduino/Genuino Uno*.



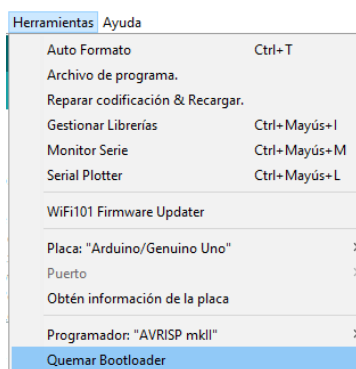
**Figura 6.15.** Finestra *Herramientas* selecció de placa. (Font: Pròpia)

- El segon pas és seleccionar el port USB al que es te connectat el microcontrolador: *Herramientas > Puerto > Seleccionar el port*



**Figura 6.16.** Finestra *Herramientas* selecció de port. (Font: Pròpia)

- I finalment ja es pot carregar el *Bootloader* a utilitzar: *Herramientas > Quemar Bootloader*.



**Figura 6.17.** Finestra *Herramientas* selecció *Quemar Bootloader*. (Font: Pròpia)

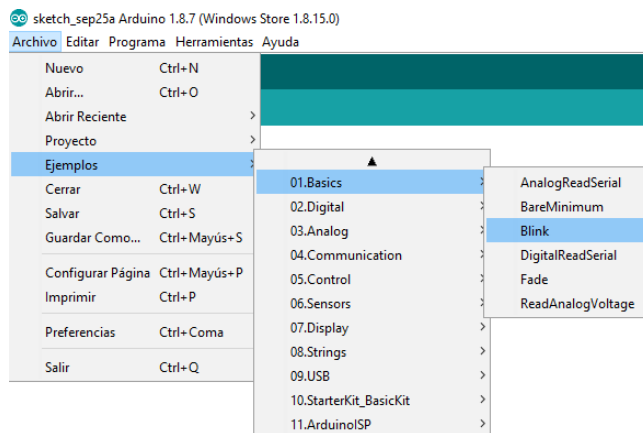
A la part inferior de la pantalla sortirà si s'ha realitzat correctament.

Una vegada realitzada aquesta tasca, el microcontrolador ja està apunt per a ser programat. Per a comprovar el seu correcte funcionament, es realitzarà el muntatge bàsic especificat en l'apartat 6.6.2 en una placa de proves. Per a alimentar el circuit, s'ha utilitzat la font d'alimentació MB 102 fabricada per YwRobot Corporation, connectada a un ordinador. Es tracta d'una font d'alimentació preparada per ser connectada a plaques de proves i capaç de subministrar 5V i 3.3V.



**Figura 6.18.** MB 102 de YwRobot Corporation. (Font: Amazon)

Es carregara primer el programa *Blink*, ja inclòs en l'entorn Arduino IDE. Per fer-ho, s'ha d'anar a *Archivo > Ejemplos > Blink*.



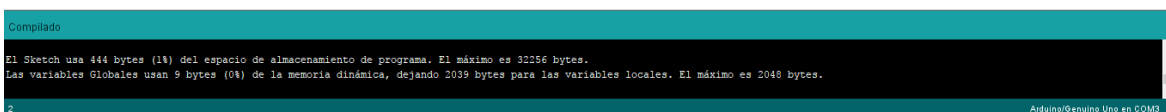
**Figura 6.19.** Finestra *Archivo* selecció d'exemples. (Font: Pròpia)

Una vegada obert el codi, es procedeix a gravar-lo al microcontrolador (cal recordar, que es necessari carregar primer el codi al microcontrolador i després realitzar el muntatge bàsic, doncs el microcontrolador ha d'estar a la placa Arduino UNO per a carregar el programa).



**Figura 6.20.** Barra d'eines. (Font: Pròpia)

Per a compilar el programa s'ha de prémer el "tick", i una vegada compilat es pot gravar al microcontrolador prement la fletxa.



**Figura 6.21.** Consola de l'entorn Arduino IDE . (Font: Pròpia)

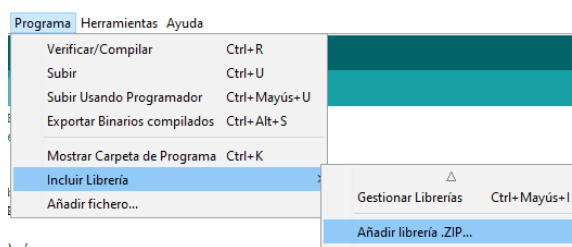
Si s'ha fet correctament sortirà aquest missatge a la part inferior de la pantalla.

Ara ja est pot realitzar el muntatge a la placa *protoboard* i alimentar el circuit. El LED connectat al pin 19 del microcontrolador hauria d'encendre's i apagar cada segon.

El següent pas per a continuar amb la programació de la videoconsola consistirà en connectar la pantalla i comprovar el seu correcte funcionament. Primer descarregarem la llibreria ST7565 d'Adafruit



Indústries, especificada en l'apartat 6.3.3 i l'afegirem a l'entorn d'Arduino anant a *Programa > Incluir Librería > Añadir librería.ZIP* i es seleccionarà la llibreria descarregada.



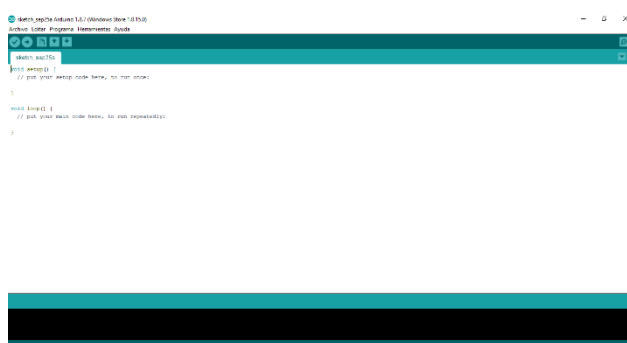
**Figura 6.22.** Finestra *Programa* selecció de llibreries. (Font: Pròpia)

A continuació, s'ha d'anar a *Archivo > Ejemplos > ST7565 > st7565lcd* i gravar el programa al microcontrolador. Una vegada carregat, es realitzarà el connexionat de la pantalla amb el CD4050BC i l'ATmega328P tal i com es descriu en l'apartat 6.1.4 utilitzant una placa de proves. Al alimentar el circuit, es visualitzaran per pantalla els diferents gràfics dissenyats en el codi.

El següent pas serà alimentar el circuit amb el PowerBoost 1000C i la bateria externa. S'ha de tenir en compte que aquests donen 5V i que per tant, també serà necessari connectar ara l'LM7803, per aconseguir els 3.3V. L'explicació de com fer-ho es pot trobar en l'apartat 6.1.3.

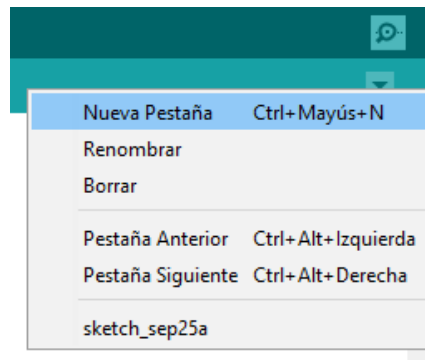
Una vegada s'ha comprovat que el circuit funciona correctament amb l'alimentació externa, es connectaran els botons tal i com es descriu en l'apartat 6.1.1.

Arribat aquí, ja es poden programar els videojocs. Per fer-ho, es crearà un projecte nou a l'Arduino IDE, anant a *Archivo > Nuevo*, ens apareixerà la següent pantalla:



**Figura 6.23.** Entorn Arduino IDE. (Font: Pròpia)

Aquí es on s'escriurà el programa principal. A més, s'hauran de crear 4 pestanyes clicant a la fletxeta que apareix a la part superior dreta de la pantalla per a crear els arxius *Buttons.h*, *Menu.h*, *Pong.h* i *Snake.h*.



**Figura 6.24.** Eines de l'entorn Arduino IDE, nova pestanya. (Font: Pròpia)

Per crear la pestanya nova, serà necessari introduir el nom a la part inferior de la pantalla.



**Figura 6.25.** Creació d'una nova pestanya. (Font: Pròpia)

A continuació s'escriurà el codi corresponent a cada pestanya. El codi complet es pot trobar en l'annexa D.

## 6.5. Disseny de la carcassa

La carcassa ha estat inspirada en la *Game Boy* de Nintendo, que va sortir al mercat el 1989. La videoconsola ha estat modelada en 3D i posteriorment s'han realitzat els plànols. Per fer-ho s'ha utilitzat l'entorn de treball de SolidWorks. Una vegada modelada, s'ha procedit a la seva impressió en 3D i finalment s'ha realitzat l'acoblament final de totes les parts.

### 6.5.1. Solució adoptada

El disseny de la carcassa està realitzat tenint en compte tant les mesures de la placa PCB, així com de la resta de components que han d'anar en aquesta. El disseny consta d'una part superior, una inferior i els diferents botons.

- Part superior: és on anirà acoblada la pantalla GLCD, i a més, conté els forats dissenyats per a col·locar els botons.
- Part inferior: el disseny inclou un espai per a la bateria, una ranura per a accedir al Powerboost 1000C i carregar la bateria, un forat per col·locar l'interruptor que controla l'encesa i apagada

de la videoconsola i els orificis necessaris per tal de subjectar la placa PCB i el Powerboost 1000C.

- Botons: s'han dissenyat dos tipus de botons, 6 botons grans per controlar els moviments del joc, i 3 de petits, utilitzats amb menys freqüència per a l'usuari (Reset, Start i Select). El botó de Reset tindrà un color diferent per a diferenciar-lo dels comandaments i evitar equivocacions.

Les parts superior i inferior de la carcassa, així com la resta de components (exceptuant la bateria i els botons) aniran subjectats amb cargols. Els cargols utilitzats són de les següents mesures:

- 4 cargols M2 x 0.4 de 10 mm de llarg per a subjectar la PCB.
- 6 cargols M2 x 0.4 i 15mm de llarg per unir la part superior i inferior de la videoconsola.
- 4 Cargols M3 x 0.5 i 5mm de llarg per a subjectar el Powerboost 1000C.
- 4 cargols M3 x 0.5 i 5mm de llarg per a subjectar la pantalla GLCD.

### 6.5.2. Entorn de SolidWorks

El SolidWorks és un software CAD (Disseny assistit per ordinador) per el modelat mecànic en 2D i 3D desenvolupat per SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A.

El programa permet modelar peces i realitzar el seu posterior acoblament i plànols tècnics amb la informació necessària per a la producció.

### 6.5.3. Impressió en 3D

La impressió 3D és una tecnologia de fabricació per addició on un objecte tridimensional es creat mitjançant la superposició de capes successives de material. Les impressores 3D són en general més ràpides, més econòmiques i més fàcils d'utilitzar que altres tecnologies de fabricació.

Una vegada la carcassa ha estat modelada, s'ha procedit a la seva impressió en 3D.

Per a la impressió en 3D d'escriptori els dos tipus de filament més utilitzats, són l'ABS i el PLA. Els dos es tracten de materials termoplàstics, que es tornen modelables al aplicar calor. D'aquesta manera s'utilitzen quan estan calents per a crear la forma desitjada, i una vegada refredats conserven la seva forma. Tot i que les seves característiques són molt similars, es poden destacar les següents diferències.

Els objectes impresos amb filament ABS són més resistents, flexibles i tenen una durabilitat lleugerament superior a la dels fabricats amb filament PLA. Però l'ABS és un derivat del petroli i desprèn gasos nocius durant la impressió, mentre que el PLA és tracta d'un termoplàstic biodegradable.

A l'hora d'escollir quin filament a utilitzar en la impressió en 3D és necessari tenir en compte dos aspectes: la facilitat d'impressió i el resultat final del producte.

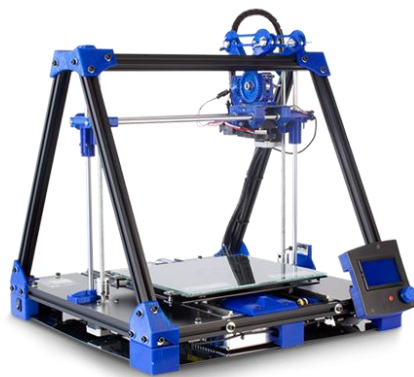
Finalment el material escollit per al prototip és el PLA. Aquest filament fa que la impressió en 3D sigui més fàcil, doncs es fon a una temperatura menor, no desprèn gasos nocius durant el procés i a més, és biodegradable.

L'àcid polilàctic (PLA) és un polímer biodegradable derivat de l'àcid làctic. Es fabrica a partir de recursos 100% renovables com el blat de moro, la remolatxa, el blat i altres productes rics en midó. És fàcilment degradable en aigua i òxid de carboni. Aquest termoplàstic té moltes característiques equivalents o inclús millor que molts dels plàstics derivats del petroli, cosa que fa que sigui eficaç per una gran varietat de productes.

El PLA és un dels materials més utilitzats en el món de la impressió en 3D gràcies a la popularització de les impressores d'escriptori amb tecnologia d'extrusió FDM.

Per al que fa a les seves característiques físiques, químiques i mecàniques, la residència a la tracció, i el mòdul d'elasticitat del PLA és comparable a del polietilè. El PLA és més hidrofílic que el polietilè ja que té una densitat més baixa. És a més, resistent a la llum Ultra Violeta, per el que és més difícil que aquest perdi color i la seva inflamabilitat és molt baixa.

Per a imprimir s'ha utilitzat una impressora BCN3D+ de BCN3D Technologies, extracta d'una impressora d'escriptori caracteritzada per la seva arquitectura disruptiva IDEX (Sistema de doble extrusió independent). Utilitza una tecnologia FDM o FFF (Fusion Filament Fabrication), un procés de fabricació additiva que diposita un material termoplàstic capa per capa fins a construir una peça.



**Figura 6.26.** Impressora BCN3D+. (Font: BCN3D Technologies)

Els resultats obtinguts es poden trobar en l'annexa B del projecte.

#### 6.5.4. Acoblament final

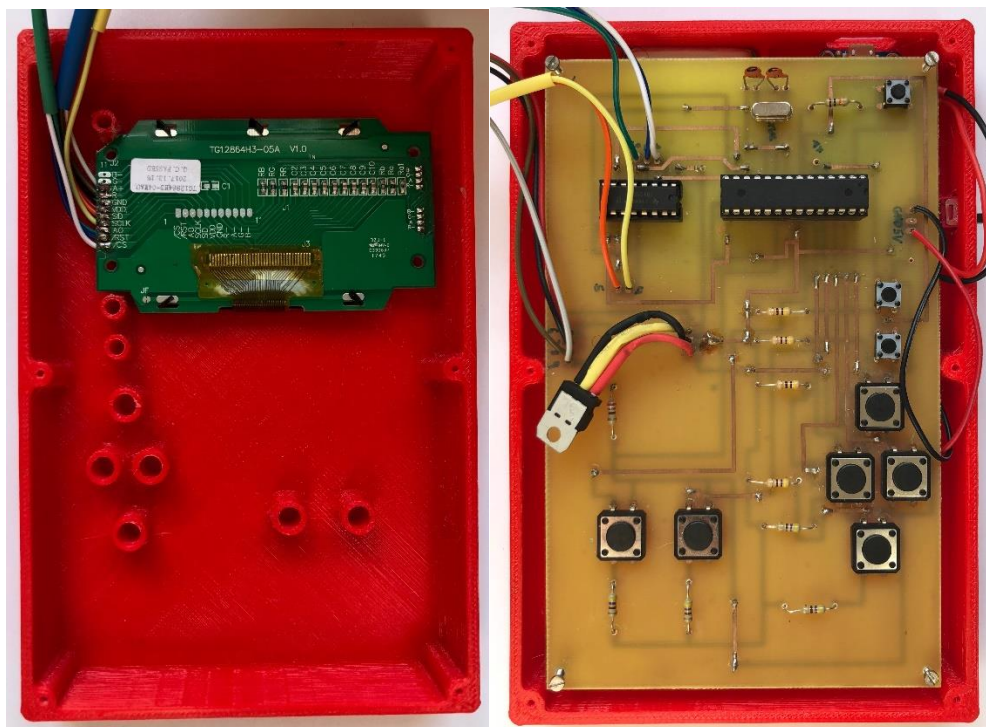
Una vegada es té el circuit imprès, la pantalla GLCD soldats, i la carcassa impresa, es pot procedir a realitzar l'acoblament final de la videoconsola.

El primer pas serà introduir l'interruptor per l'orifici dissenyat per a ell, i a continuació soldar-lo al PowerBoost 1000C. Si el PowerBoost 1000C ja està soldat a la PCB, és el moment de connectar la bateria a aquest, en cas contrari, caldrà soldar-lo primer. Una vegada estigui tot connectat entre sí, col·locarem la bateria i el PowerBoost al seu lloc corresponent.



**Figura 6.27.** Acoblament de la bateria, el PowerBoost 1000C i l'interruptor a la carcassa. (Font: Pròpia)

A continuació, col·locarem el circuit imprès en la carcassa, i el subjectarem amb 4 cargols M2 x 0.4 de 10 mm de llarg. Una vegada subjectat, es col·locarà i subjectarà la pantalla GLCD a la part superior de la carcassa. Per fer-ho s'utilitzaran 4 cargols M3 x 0.5 i 5mm de llarg.



**Figura 6.28.** Acoblament del circuit imprès i la pantalla GLCD a la carcassa. (Font: Pròpia)

L'últim pas a realitzar serà col·locar els botons, i ajuntar la part inferior amb la part superior de la videoconsola utilitzant 6 cargols M2 x 0.4 i 15mm de llarg.



**Figura 6.29.** Acoblament final de la carcassa. (Font: Pròpia)

## 7. Anàlisi de l'impacte ambiental

Ens referim a impacte ambiental al efecte que exerceixen les diferents activitats humanes, ja sigui a llarg o curt termini, en el medi ambient en el que es desenvolupen. L'impacte ambiental es un concepte clau en la ecologia, branca de la ciència que s'ocupa de la comprensió i preservació del medi ambient natural. Es sap que nombroses activitats humanes, sobretot les industrials, tenen un elevat nivell de cost ecològic, ocasionant alteracions significatives en els ecosistemes, que moltes vegades condueixen a extincions superpoblacions o erosions, que deteriorenen la salut del nostre planeta.

Per aquesta raó és molt importat analitzar quin serà l'impacte ambiental que generarà aquest projecte.

Al tractar-se del disseny i fabricació d'una única unitat, l'impacte ambiental que aquest pot generar és mínim. Però tot i així s'han de tenir en compte certes consideracions, sobretot al contenir elements electrònics.

Els aparells i dispositius elèctrics i electrònics contenen certs elements tòxics per el medi ambient, així com el zinc, mercuri o cadmi. La directiva 2002/95/EC, esmentada en l'apartat 4.1.1, de restricció de substàncies perilloses en dispositius elèctrics i electrònics restringeix l'ús de deu materials en productes elèctrics i electrònics a tots els països de la Unió Europea. Tots els materials utilitzats en la construcció d'aquest prototip compleixen amb la normativa RoHs.

Les bateries acostumen a contenir substàncies perilloses, com el mercuri, el cadmi i el plom. Aquests elements, provoquen un risc per a la salut humana o mediambiental, sobretot si les bateries són incinerades o abocades al terra. La directiva 2006/66/EC del Parlament Europeu, descrita en l'apartat 4.1.3, sobre les bateries i acumuladors i residus de bateries i acumuladors regula la fabricació i el tractament de residus de les bateries en la Unió Europea, amb l'objectiu principal de causar el mínim impacte ecològic. La bateria utilitzada en la videoconsola, compleix aquesta normativa.

A l'hora de realitzar la carcassa s'ha escollit un material biodegradable i que no produeix gasos nocius durant el procés de fabricació d'aquesta, per tal de reduir l'impacte mediambiental durant la seva fabricació i una vegada acabada la seva vida útil. A més, s'ha realitzat a la zona, per el que no ha sigut necessari transport.

La vida útil dels components utilitzats es bastant elevada si s'utilitzen de manera correcta, però en el cas de que un dels elements del circuit fallés, o es volgués rebutjar la videoconsola, els components haurien de ser reciclats correctament, seguint la directiva 2002/96/EC de residus d'equips elèctrics, explicada en l'apartat 4.1.2. A més, es podria desmuntar i aprofitar certs components per a altres projectes.

Tenint en compte els factors anteriors, es pot considerar que aquest projecte no té un gran impacte mediambiental, sempre i quan es segueixin les pautes marcades per el reciclatge dels components. També s'ha d'intentar obtenir els elements localment, i que no s'hagin de transportar des de lluny, per reduir les emissions de CO2 que produeixen la majoria de transports.



## 8. Cronogrames

Per tal d'optimitzar al màxim el temps d'execució del projecte, s'han dividit les tasques a realitzar i s'ha realitzat una estimació del temps necessari per a cada una per a posteriorment planificar el projecte.

### 8.2. Programa d'execució

La realització d'aquest projecte contindrà els següents passos:

- Definir els objectius del projecte.
- Obtenir els requisits i coneixements previs
- Cercar la informació necessària per tal de poder dur a terme el projecte.
- Realitzar un estudi previ i plantejar una solució inicial.
- Selecció dels components a utilitzar
- Disseny del circuit.
- Obtenció del material necessari i components per tal de realitzar un muntatge del circuit inicial en una placa de proves.
- Disseny del programa i joc a realitzar.
- Programació i compilació de les rutines i subrutines necessàries per al videojoc, comprovar el seu funcionament, correcció d'errors i possibles millores.
- Carregar el videojoc al microcontrolador i comprovar el seu correcte funcionament, en cas d'haver-ni, corregir els errors i realitzar possibles millores.
- Disseny final del circuit.
- Fabricació i muntatge de la placa de circuit imprès.
- Disseny de la consola, modelatge en 3D i realització dels plànols.
- Construcció de la carcassa de la consola.
- Muntatge final de la videoconsola.
- Elaboració de la memòria del projecte.
- Preparació de la defensa.

### 8.3. Estimació del temps

Per a poder planificar de manera correcte el temps destinat al projecte, s'han tingut en compte la data d'inici del projecte, data d'entrega i data d'inici de les defenses.

- Data d'inici del projecte: 14 de desembre 2017.



- Data d'entrega del projecte: 3 d'octubre del 2018.
- Data d'inici de les presentacions: 15 d'octubre del 2018.

Durant la realització del projecte es cursen dos assignatures i es realitzen pràctiques externes en una empresa, per el que no se li pot assignar una dedicació completa. El nombre total de dies disponibles per a la realització del projecte és:

- 209 dies laborables per executar el projecte, la seva documentació i preparar la defensa.

En l'Annex C es mostra el cronograma complet del temps d'execució del projecte.

## 9. Possibles millores

En aquest apartat es comentaran les possibles millores a les que es pot sotmetre el present projecte, tant a nivell de hardware com a nivell de software.

### 9.2. Millores en el hardware

En aquest apartat es descriuen les possibles millores que es poden realitzar al que fa al hardware de la videoconsola.

Una millora possible seria la incorporació de sons en els jocs. Per fer-ho, s'ha deixat en el circuit el pin digital 3 de l'ATmega328P disponible, doncs es necessitaria un pin amb PWM per a poder reproduir els sons.

Per altre banda, es podrien substituir alguns dels polsadors per un joystick analògic per a controlar els moviments dels jocs de manera més precisa. Tot i que en el cas dels jocs programats no cal una precisió en els moviments, seria una bona millora en cas de que es programessin jocs on el moviment de l'usuari fos de gran importància.

Respecte el microcontrolador, aquest podria ser substituït amb un que permetés realitzar més interrupcions, per a poder programar la totalitat dels polsadors mitjançant aquest mètode, i/o per un microcontrolador amb una memòria superior. El fet de reemplaçar el microcontrolador requeriria canviar els esquemes electrònics i possiblement utilitzar diferents components per al seu funcionament, per el que si es desitgés realitzar aquesta millora s'hauria de tindre en compte des de l'inici del projecte.

Si el que es desitja és programar més jocs, la carcassa es podria dissenyar de manera que el microcontrolador es pogués treure d'una manera encara més fàcil, i d'aquesta manera poder intercanviar de manera encara més senzilla que l'actual els microcontroladors amb els diferents jocs com si es tractés dels cartutxos utilitzats en moltes consoles i videoconsoles des de l'any 1977 quan Atari va treure al mercat Atari2600.

Una altre millora seria la incorporació d'una connexió per USB per a poder carregar els diferents programes sense haver d'utilitzar la placa d'Arduino UNO, i així poder programar diferents jocs fàcilment sense la necessitat d'intercanviar els microcontroladors.



### 9.3. Millores en el software

El microcontrolador utilitzat actualment no admet gaires millores, doncs per realitzar millores seria necessària més memòria, i tal i com ja s'ha comentat anteriorment el microcontrolador esta gairebé ple en l'actualitat.

Tot i així, es podrien programar altres videojocs, utilitzant els mateixos menús, en altres microcontroladors iguals (ATmega328P), i intercanviar-los entre ells.

Per altra banda, es podria optimitzar el codi escrit, dissenyat actualment per a funcionar amb aquests dos jocs, de manera que la programació d'altres jocs utilitzant el codi base dels menús fos més senzilla.

Finalment, es podrien incorporar més nivells als videojocs o guardar la puntuació realitzada durant les diferents partides per a poder consultar-la posteriorment.

## Conclusions

Es tracta d'un projecte on s'han posat en pràctica tots els coneixements adquirits durant el grau d'Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica, i on aquests coneixements han incrementat durant el desenvolupament d'aquest.

La realització d'aquest projecte ha resultat un repte on al haver de realitzar una videoconsola des de zero, l'estudiant s'ha trobat en moments on no es sabia com avançar durant el desenvolupament del projecte, però on finalment s'ha assolit l'objectiu proposat.

S'han superat diferents inconvenients durant el projecte, com haver de comprar algun component de nou a l'haver espatllat el que es tenia, trobar errors en el funcionament del circuit imprès, o haver escrit el codi d'un programa d'elevada complexitat on a vegades no es podia realitzar de la manera imaginada, havent d'improvisar i canviar en alguns moments l'estructura del codi.

Durant la realització del projecte, s'han adquirit nous coneixements o s'han acabat de consolidar certs coneixements adquirits prèviament durant la carrera, que de segur seran utilitzat en un futur laboral. Entre els coneixements nous adquirits es troba la utilització de certs entorns de treball que no s'havien utilitzat anteriorment com l'Arduino IDE.

La memòria utilitzada del microcontrolador ha estat superior a la esperada, causant certs problemes d'estabilitat, però el fet d'haver estat capaç de construir un prototipus de videoconsola, i programar dos jocs per aquesta, resulta molt satisfactori.

Tot i que es poden realitzar certes millores en el projecte desenvolupat i aquest té certes limitacions, el resultat es considera satisfactori i positiu, doncs s'ha aconseguit l'objectiu principal: construir un prototipus de videoconsola, i programar dos jocs per aquesta, aconseguint que el seu funcionament sigui correcte.

## Pressupost

En aquest apartat es defineixen els costos resultats de l'execució del projecte, tenint en compte els costos d'enginyeria, costos del material i costos del software utilitzats.

### Costos material

Per a calcular el cost dels materials adquirits només es té en compte el material estrictament necessari, i no es contemplen unitats extra dels components ni les eines necessàries per al muntatge. A continuació es troba la llista complerta amb les quantitats necessàries, referències, descripcions i preus unitaris i totals dels components.

**Taula Pressupost.1.** Costos materials del projecte

Quantitat	Referencia	Descripció	Preu unitari (€)	Preu total (€)
1	Atmega328P	MCU AVR 8 Bits 32K Flash 20MHz	3,34 €	3,34 €
1	Sòcol 16 pins	Sòcol Doble contacte pas 2	0,23 €	0,23 €
1	Sòcol 28 pins	Sòcol C.I. Doble contacte pas 2.5	0,49 €	0,49 €
1	Resistència 10K $\Omega$	Resistència 10K $\Omega$ 1/4W 5%	0,02 €	0,02 €
1	Resistència 270 $\Omega$	Resistència 270 $\Omega$ 1/4W 5%	0,02 €	0,02 €
8	Resistència 470 $\Omega$	Resistència 470 $\Omega$ 5% 1/4W	0,02 €	0,16 €
1	Resistència 330 $\Omega$	Resistència 330 $\Omega$ 5% 1/4W	0,02 €	0,02 €
2	Condensador 22pF	Condensador ceràmic PL 50V 22pF	0,03 €	0,06 €
1	Cristall de quars	Cristall de quars HC-49/S 30PPM 20PF	0,86 €	0,86 €

Quantitat	Referencia	Descripció	Preu unitari (€)	Preu total (€)
1	GLCD	Pantalla gràfica positiva ST7565 d'Adafruit Industries	15,26 €	15,26 €
1	Placa	Placa fibra de vidre 2 cares positiva 100x160mm	6,43 €	6,43 €
4	Cargol M3x5	TLLO ALOMADO PH ZINC M- 3X5	0,02 €	0,08 €
4	Cargol M2x10	TLLO C/CIL A4 INOX M-2X10	0,17 €	0,68 €
6	Cargol M2x16	TLLO C/CIL INOX M-2X16	0,19 €	1,14 €
3	Polsador 6x6	Polsador C.I 6x6 4.4mm	0,11 €	0,33 €
6	Polsadors 12X12	Polsador C.I. 12x12 4.3mm	0,14 €	0,84 €
1	PowerBoost 1000C	PowerBoost 1000C d'Adafruit Industries	19,96 €	19,96 €
1	Bateria	Bateria LI-PO 3.7V 2.2A	16,36 €	16,36 €
1	Díode LED	LED vermell de 5MM	0,16 €	0,16 €
1	Interruptor	Commutador lliscant 2 posicions	1,23 €	1,23 €
1	Cable	Joc de cables mascle-mascle	4,90 €	4,90 €
1	Cable	Cable unifilar 0,28	1,89 €	1,89 €
			Subtotal	74,36 €
			IVA (21%)	15,62 €
			<b>TOTAL</b>	<b>89.98 €</b>

## Costos d'enginyeria

Els costos d'enginyeria consisteixen en el cost del personal necessari per dur a terme el projecte. Tot i que el projecte ha estat desenvolupat per tan sols una persona, l'estudiant, el treball realitzat es pot dividir en diversos sectors. Aquesta divisió és necessària per tal de determinar els costos d'enginyeria, doncs el preu no serà el mateix per a les diferents fases de desenvolupament. Els preus s'han calculat a partir del sou mig anual de jornades completes (en brut) d'un enginyer segons el seu perfil i nivell d'experiència, proporcionats per el Col·legi d'Enginyers Graduats i Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, durant l'any 2017 (Informe estadístic de les ofertes de treball 2017 d'ENGINYERS BCN).

Per extreure'n el preu de l'hora s'ha considerat que l'any 2017 va tenir 248 dies laborables i una jornada completa de 8h/dia. A més, s'ha incrementat aquest cost en un 30% per incloure costos derivats de la contractació del personal.

A l'hora de calcular els costos d'enginyeria s'han considerat els següents rols:

- Cap de projecte:
  - Memòria del projecte, ja que es on es defineix la totalitat del projecte.
  - Presentació del projecte.
- Enginyer tècnic en disseny industrial:
  - Disseny de la videoconsola.
  - Modelatge en 3D
  - Realització de plànols.
- Enginyer tècnic especialitzat en hardware:
  - Disseny dels circuits electrònics.
  - Disseny de la placa del circuit imprès.
  - Disseny del software.
  - Verificació del correcte funcionament dels circuits electrònics.
- Operari de muntatge:
  - Muntatges en la placa de proves.
  - Soldadura dels components en el circuit imprès.
  - Muntatge final de la videoconsola.
- Enginyer tècnic especialitzat en software:
  - Programació del software.
  - Verificació del correcte funcionament del software.



**Taula Pressupost.2.** Costos d'enginyeria del projecte

	<b>Cost/hora (€/hora)</b>	<b>UBT (hora)</b>	<b>Cost total (€)</b>
Cap de projecte	16,26 €	135 Hores	2.195,10 €
Enginyer tècnic en disseny industrial	13,15 €	50 Hores	657,50 €
Enginyer tècnic especialitzat en hardware	16,75 €	188 Hores	3.149,00 €
Operari de muntatge	13,16 €	127 Hores	1.671,32 €
Enginyer tècnic especialitzat en software	16,75 €	135 Hores	2.261,25 €
Subtotal			9.934,17 €
Increment del 30%			2.980,26 €
<b>TOTAL</b>			<b>12.914,43 €</b>

**Altres costos**

Es tracta de costos provinents de diversos factors, així com l'adquisició de software, i costos indirectes de les infraestructures necessàries durant la execució del projecte.

En aquest projecte s'han utilitzat softwares de lliure distribució, o bé les versions gratuïtes o de prova corresponents, per el que no hi ha cap cost extra generat en l'adquisició dels programes. S'ha de tenir en compte que en el cas de voler realitzar el projecte en l'àmbit educatiu, en centre haurà d'adquirir les llicències corresponents per als programes.

Per altra banda, la fabricació de la carcassa tampoc ha implicat cap cos extra, doncs no s'ha utilitzat cap empresa externa per a la seva impressió, i no ha suposat un cost per a l'alumne.

La placa del circuit imprès ha estat realitzada per la Unitat de Serveis Tallers i Laboratoris de l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est, per el que tampoc ha suposat cap cost per l'alumne.

### Costos totals

**Taula Pressupot.3.** Costos totals del projecte

Concepte	Preu (€)
Costos materials	89,98 €
Costos d'enginyeria	12.914,43 €
Altres costos	0,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>13.004,41 €</b>

# Bibliografia

## Referències bibliogràfiques

Atmel. *ATmega328P datasheet* [en línia]. [Consulta: març del 2018]. Disponible a:

[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf) .

COL·LEGI D'ENGINYERS GRADUATS I ENGINYERS TÈCNICS INDUSTRIALS DE BARCELONA. *Informe estadístic ofertes de treball 2017*. Barcelona: Abril del 2018.

FACULTAT D'INFORMÀTICA DE BARCELONA – UPC. Retro Informàtica. *Història dels videojocs* [en línia]. [Consulta: desembre del 2017]. Disponible a:

<https://www.fib.upc.edu/retroinformatica/historia/videojocs.html>

LADYADA. *ST7565 LCDs* [en línia]. [Consulta: maig del 2018]. Disponible a:

<http://www.ladyada.net/learn/lcd/st7565.html>

LADYADA. *ST7565 LCDs* [en línia]. [Consulta: maig del 2018]. Disponible a:

<http://www.ladyada.net/learn/lcd/st7565.html>

*RoHS Guide Compliance*. ©2005 – 2018 [consulta: gener del 2018]. Disponible a:

<http://www.rohsguide.com>

UE. Directiva 2006/66/EC del parlament europeu i del consell, del 6 de setembre del 2006 en bateries i acumuladors. Diari oficial de la Unió Europea, 26 de setembre del 2006.

UE. Directiva 2009/24/CE del parlament europeu i del consell, del 23 d'abril del 2009, sobre la protecció jurídica de programes d'ordinador. Diari oficial de la Unió Europea, 5 de maig del 2009.

UE. Directiva 2011/65/EC del parlament europeu i del consell, del 8 de juny del 2011 en la restricció en l'ús de certs materials perillosos en equips elèctrics i electrònics. Diari oficial de la Unió Europea, 1 de juliol del 2011.

UE. Directiva 2012/19/EU del parlament europeu i del consell, del 4 de juliol del 2012 en deixalles d'equips elèctrics i electrònics (WEEE). Diari oficial de la Unió Europea, 24 de juliol del 2012.

UE. Directiva 2014/30/UE del parlament europeu i del consell, del 26 de febrer del 2014 sobre la harmonització de les legislacions dels Estats membres en matèria de compatibilitat electromagnètica (refosa). Diari oficial de la Unió Europea, 29 de març del 2014.

UE. Directiva 2014/35/UE del parlament europeu i del consell, del 26 de febrer del 2014 sobre la harmonització de les legislacions dels Estats membres en matèria de comercialització de material elèctric destinat a utilitzar-se amb determinats límits de tensió (refosa). Diari oficial de la Unió Europea, 29 de març del 2014.

## Bibliografia de consulta

ARDUINO.CC. *Arduino Reference* [en línia]. [Consulta: juny del 2018]. Disponible a:

<https://www.arduino.cc/reference/en/>

BCN3D TECHNOLOGIES [en línia]. [Consulta: setembre del 2018]. Disponible a:

<https://www.bcn3dtechnologies.com/ca/>

BILL EARL, *Memories of an Arduino* [en línia]. [Consulta: febrer del 2018]. Disponible a:

<https://learn.adafruit.com/memories-of-an-arduino/arduino-memories>

ELECTGPL. *El Atmega328p* [en línia]. [Consulta: febrer del 2018]. Disponible a:

<http://electgpl.blogspot.com/2016/06/el-atmega328p.html>

GAYA SAURA, F. *Programació de videjocs retro* [en línia]. Treball de fi de grau. Universitat Politècnica de Barcelona, Barcelona, 2008. [Consulta: febrer del 2018]. Disponible a:

<https://upcommons.upc.edu/>

HATCH. *The 4 Essential Certificates For Electronics* [en línia]. [Consulta: gener del 2018]. Disponible a: <http://www.hatchmfg.com/how-to-certificates-hardware-electronics-device/>

HISTORY.COM EDITORS. *Video Game History* [en línia]. [Consulta: desembre del 201]. Disponible a:

<https://www.history.com/topics/inventions/history-of-video-games>

NINTENDO. *Nintendo History* [en línia]. [Consulta: desembre del 2017]. Disponible a:

<https://www.nintendo.co.uk/Corporate/Nintendo-History/Nintendo-History-625945.html>

PEREZ-POCH, A., 2014. Videojuegos Retro: creatividad e ingenio para crear una consola desde cero. *Re Visión*. Barcelona: Vol. 7, núm. 2, p. 24-34.

TOAD [en línia]. [Consulta: gener del 2018]. Disponible a: [www.toad.es](http://www.toad.es)

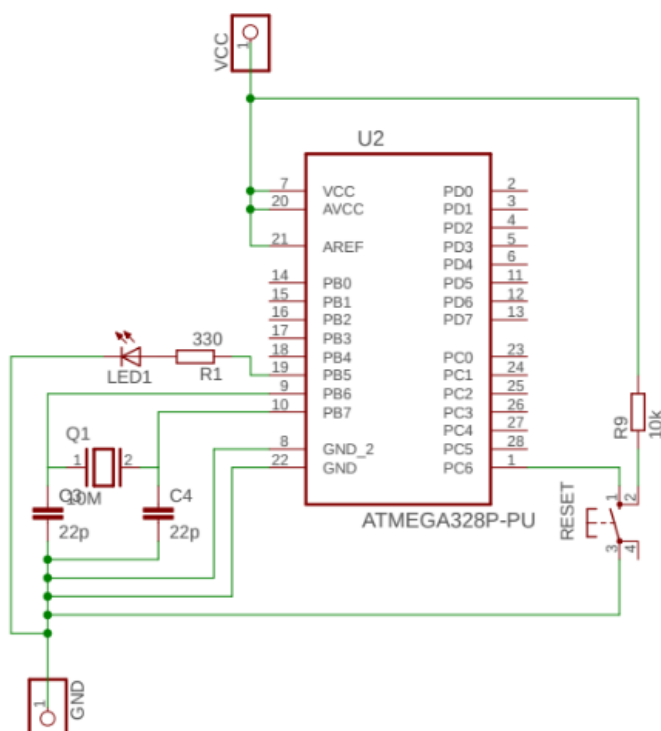
TOMÀS PIQUÉ, R. *Historia de los videojugos: El origen y los inicios* [en línia]. [Consulta: desembre 201]. Disponible a: <http://otakufreaks.com/historia-de-los-videojuegos-el-origen-y-los-inicios/>



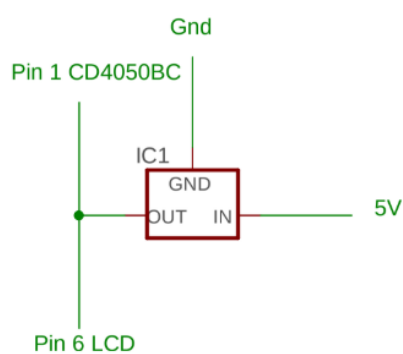
WOLF, MARK J.P. *The video game explosion: a history from Pong to Playstation and beyond*. EE.UU: Wolf Mark J.P., 2008.

## Annex A: Esquemes

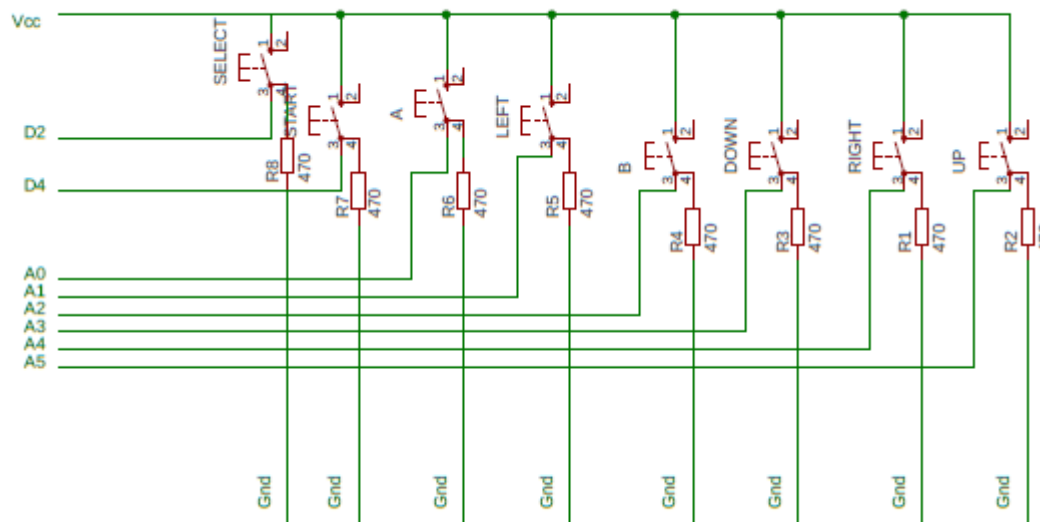
## A1. Esquemes elèctrics en EAGLE



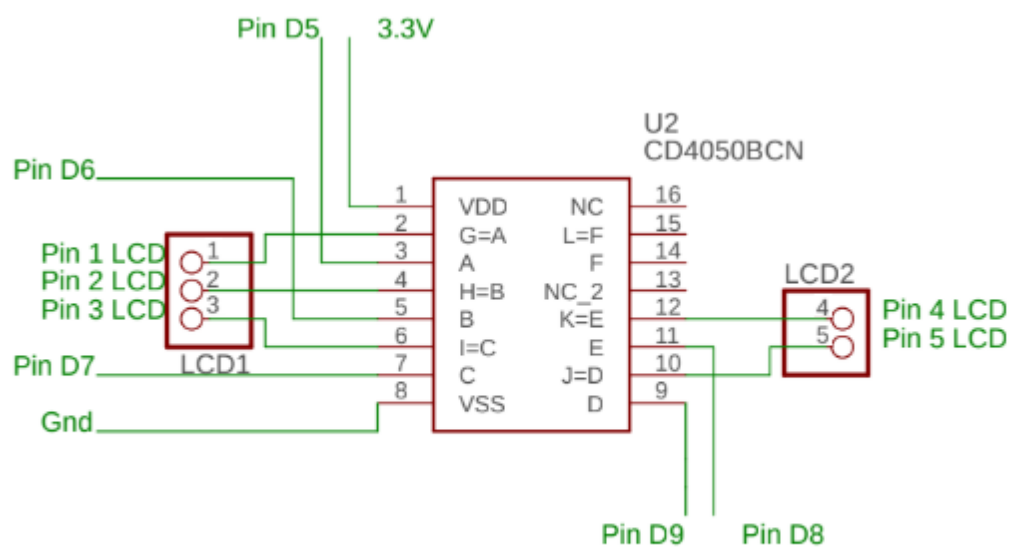
**Figura A1.1.** Esquema muntatge bàsic ATmega328P en EAGLE. (Font: Pròpia)



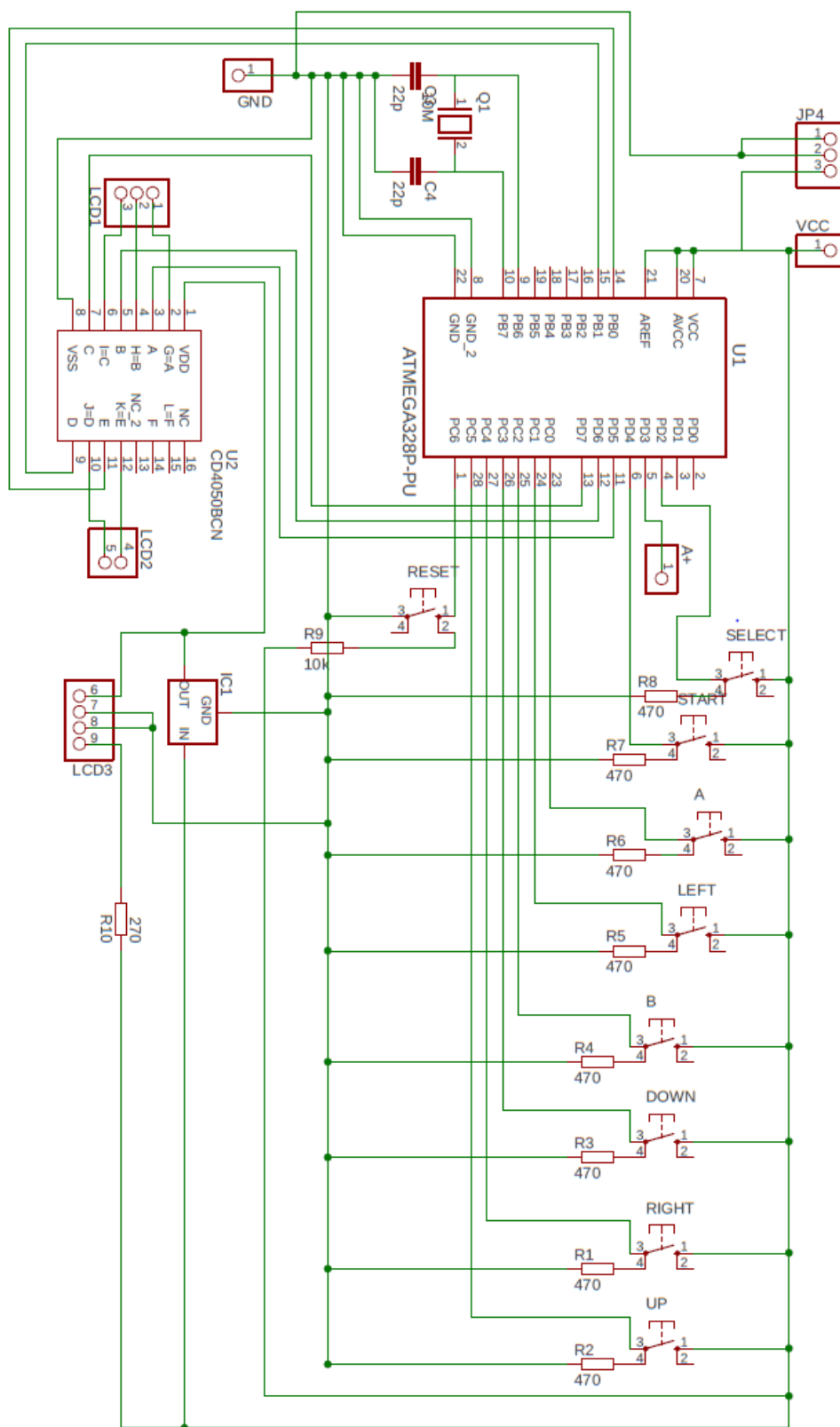
**Figura A1.2.** Detall del connexionat del regulador de tensió LM7803 en EAGLE. (Font: Pròpia )



**Figura A1.3.** Detall del connexionat dels botons de control en EAGLE. (Font: Pròpia)



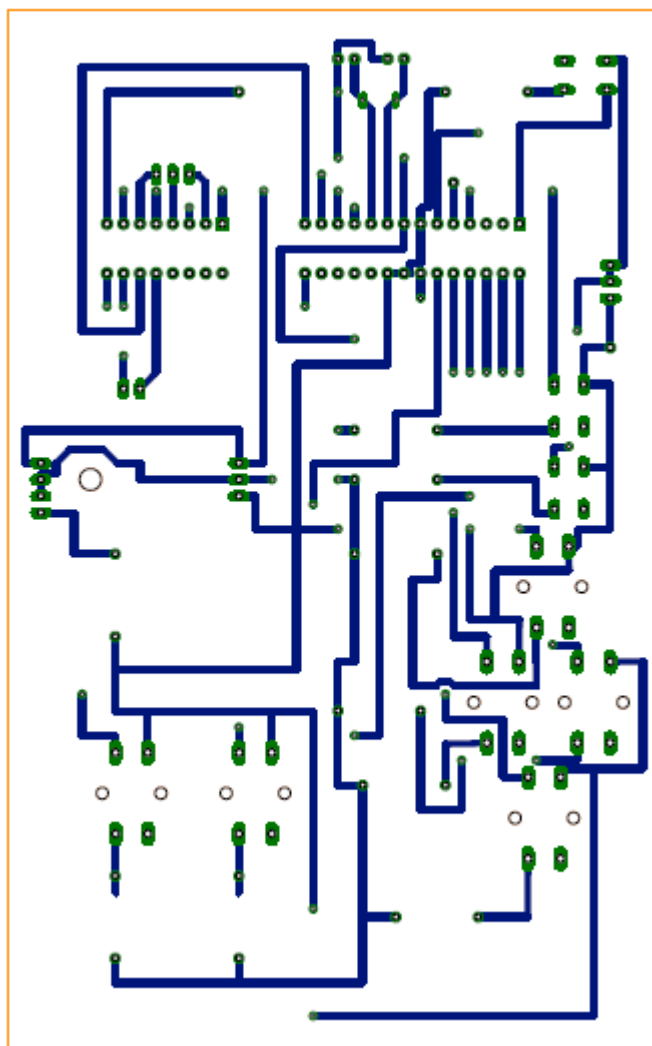
**Figura A1.4.** Detall del connexionat del buffer CD4050BC en EAGLE. (Font: Pròpia)



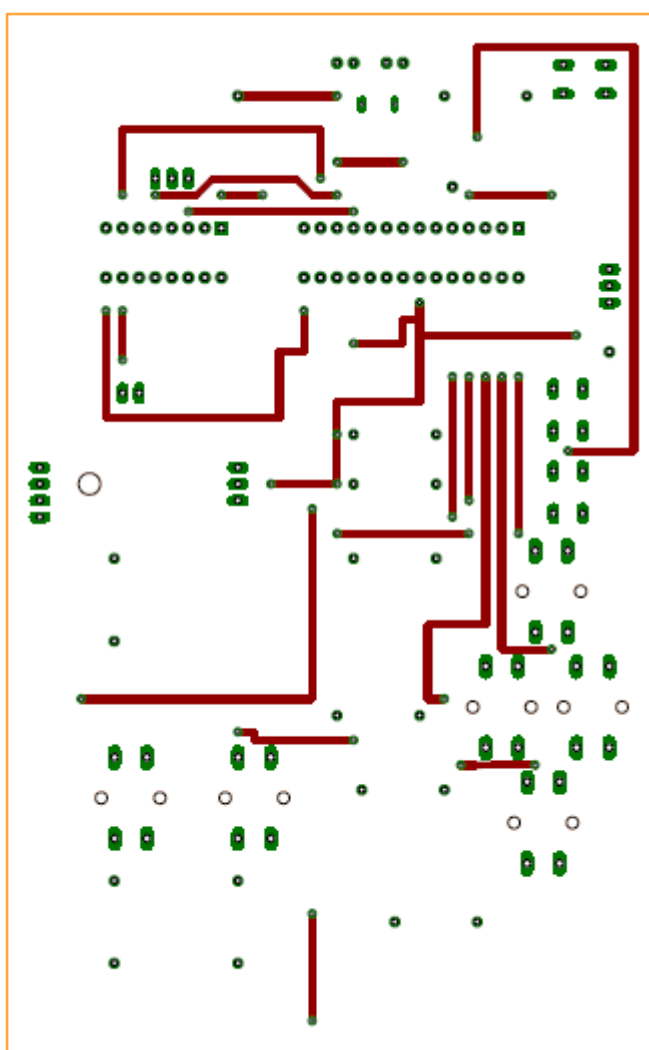
**Figura A1.5.** Esquema elèctric del circuit en EAGLE. (Font: Pròpia)



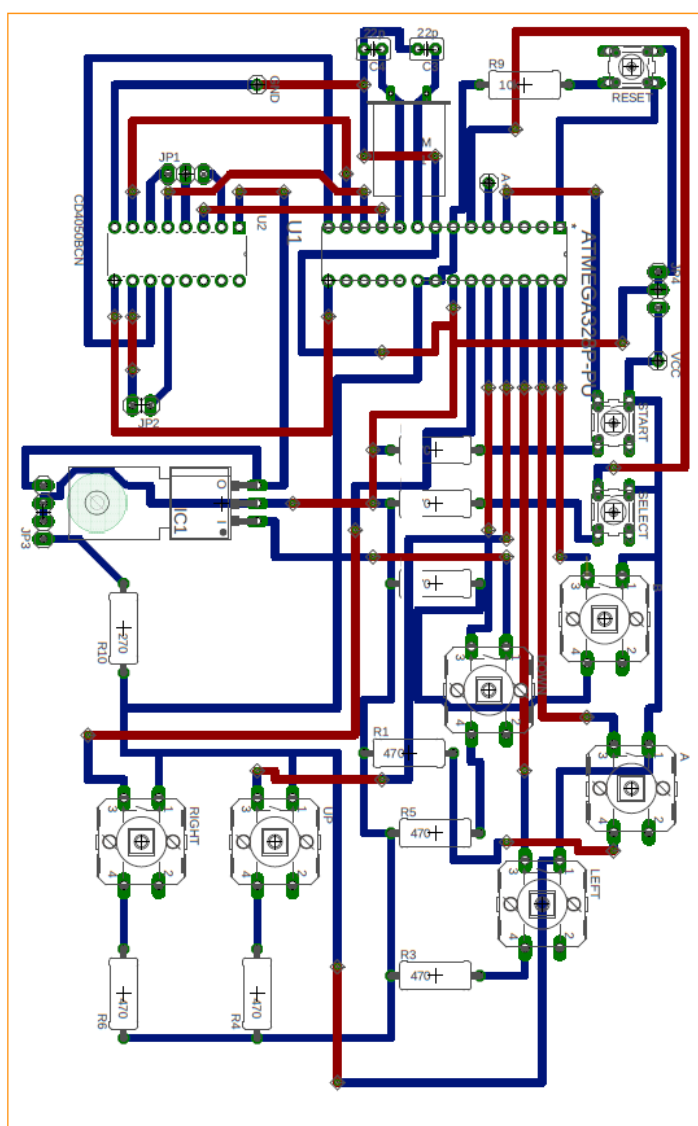
## A2. Esquemes del circuit imprès en EAGLE



**Figura A2.1.** Cara superior del circuit imprès en EAGLE. (Font: Pròpia)

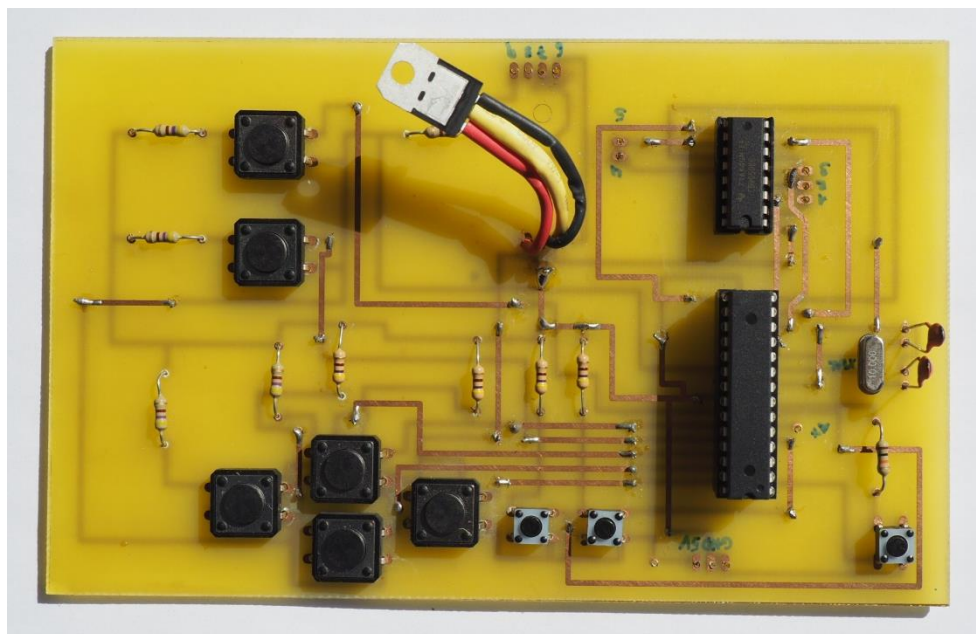


**Figura A2.2.** Cara inferior del circuit imprès en EAGLE. (Font: Pròpia)

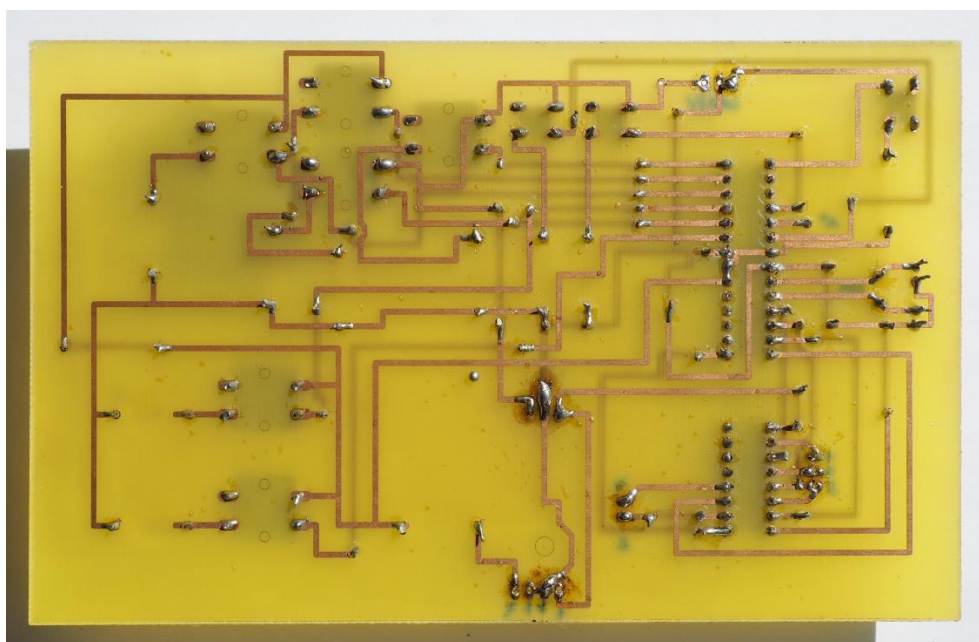


**Figura A2.3.** Circuit imprès en EAGLE. (Font: Pròpia)

## Annex B: Imatges de la videoconsola



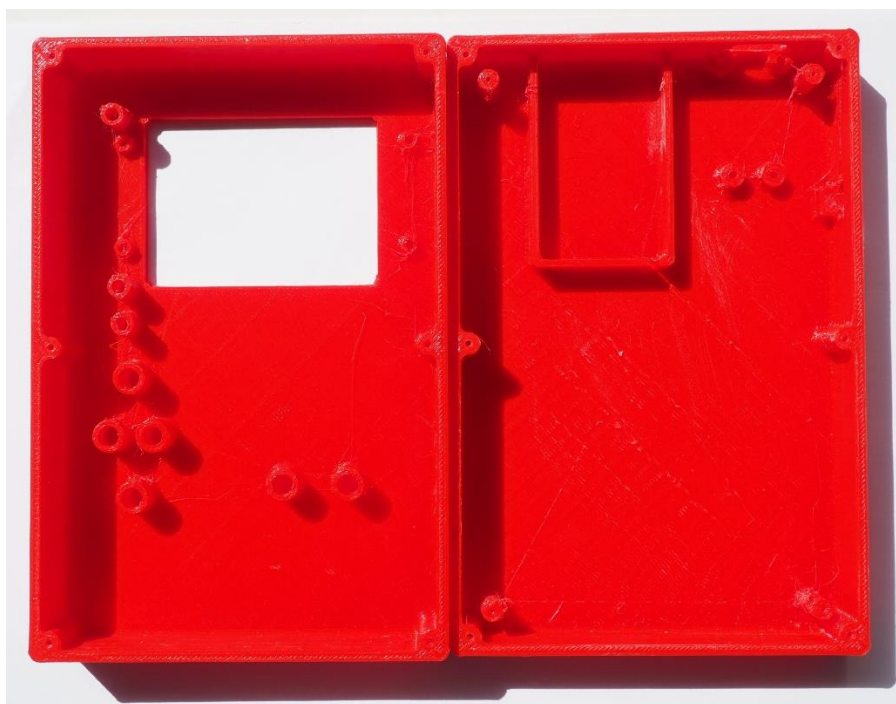
**Figura B.1.** Imatge de la cara superior del circuit imprès. (Font: Pròpia)



**Figura B.2.** Imatge de la cara inferior del circuit imprès. (Font: Pròpia)



**Figura B.3.** Imatge de les cares externes de la carcassa impresa en 3D. (Font: Pròpia)



**Figura B.4.** Imatge de les cares internes de la carcassa impresa en 3D. (Font: Pròpia)



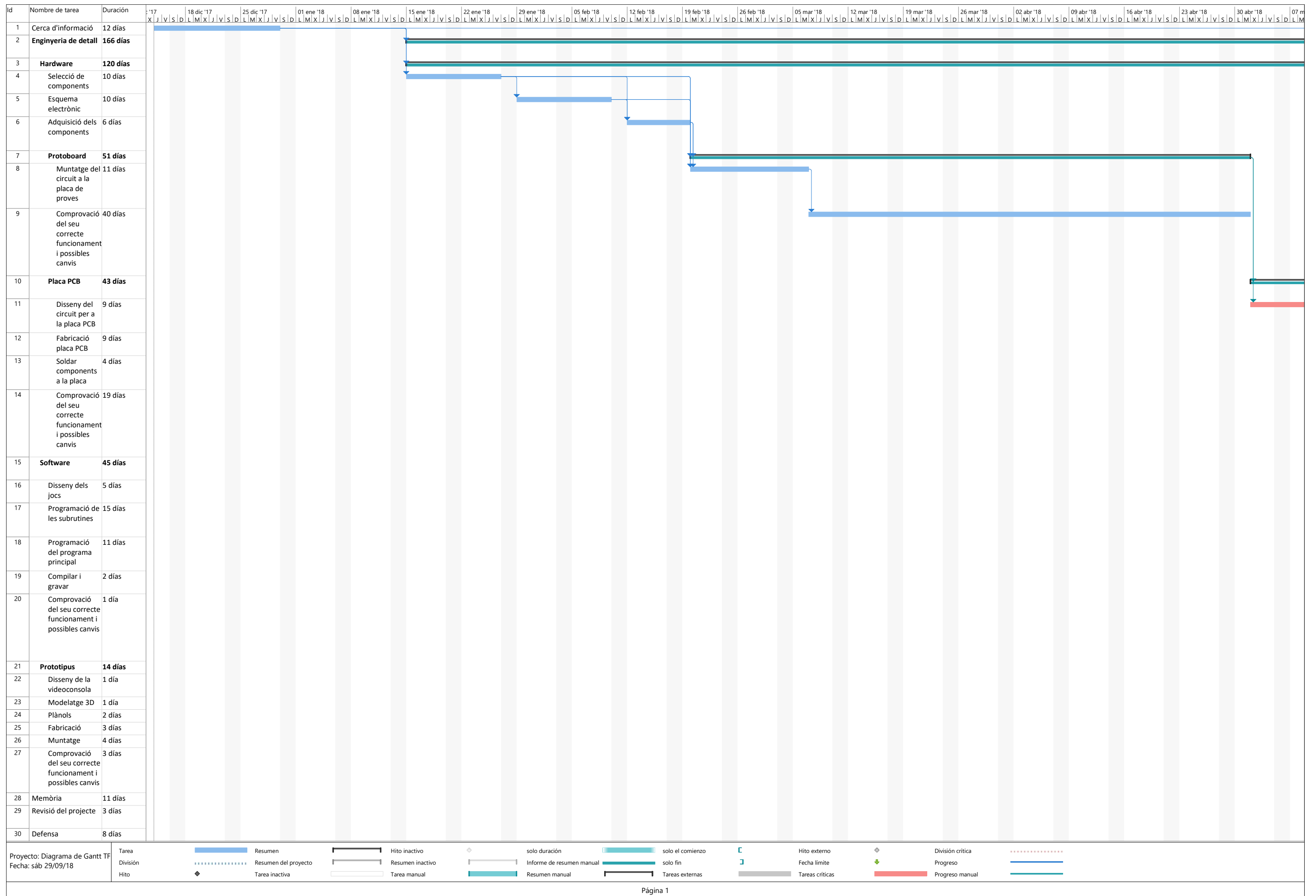


**Figura B.5.** Imatge dels botons impresos en 3D. (Font: Pròpia)

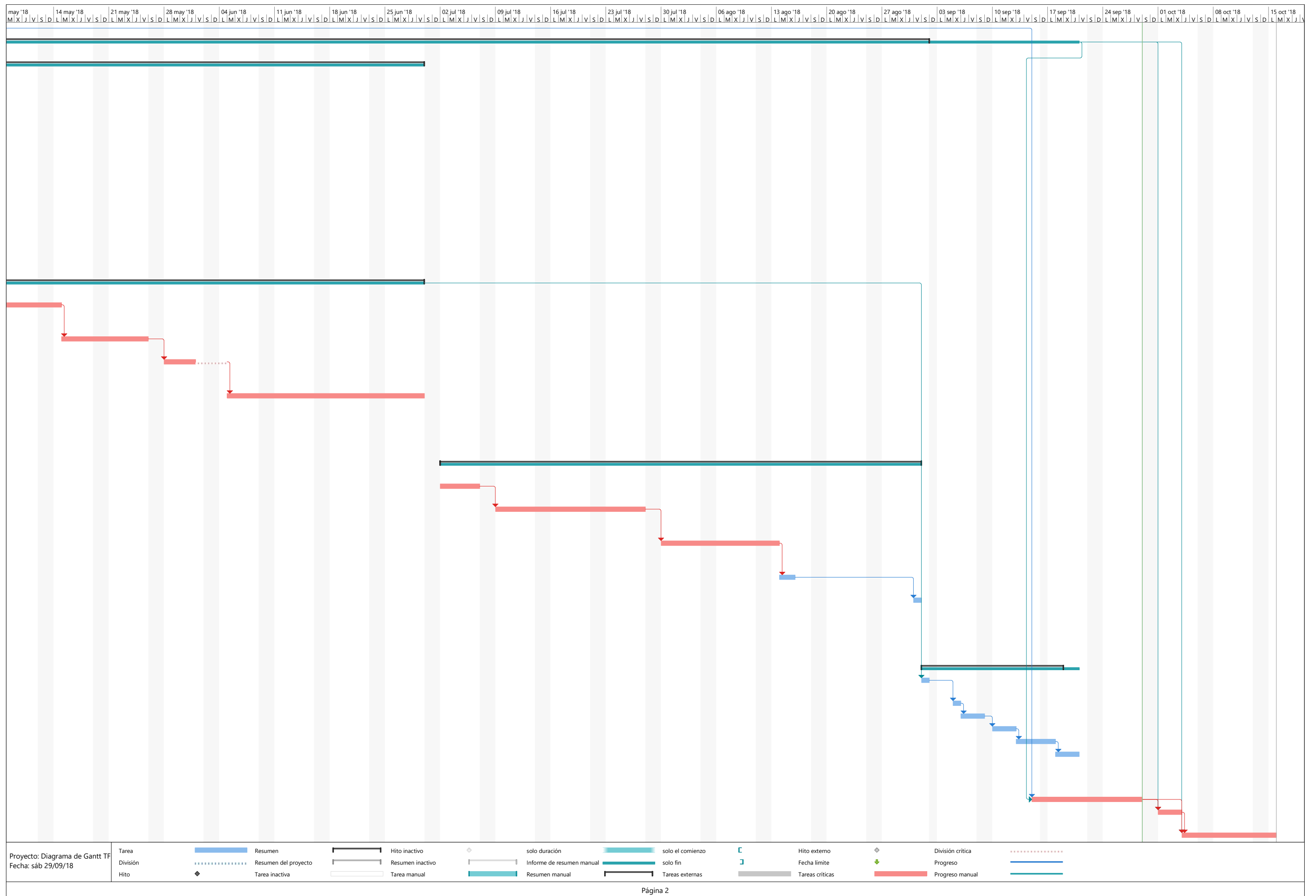


**Figura B.** Resultat final. (Font: Pròpia)

## Annex C: Cronograma del projecte







## **Annex D: Codi**

- Software.ino
- Buttons.h
- Menu.h
- Pong.h
- Snake.h



## D1. Software.ino

```
#include "Buttons.h"
#include "Menu.h"

// the LCD backlight is connected up to a pin so you can turn it on & off
#define BACKLIGHT_LED 4

void setup() {

    Serial.begin(9600);

    // turn on backlight
    pinMode(BACKLIGHT_LED, OUTPUT);
    digitalWrite(BACKLIGHT_LED, HIGH);

    //Predefinim els botons amb les seves entrades i mode.
    pinMode(2, INPUT); //Select
    pinMode(4, INPUT); //Start
    pinMode(A0, INPUT); //A
    pinMode(A1, INPUT); //Left
    pinMode(A2, INPUT); //B
    pinMode(A3, INPUT); //Down
    pinMode(A4, INPUT); //Right
    pinMode(A5, INPUT); //Up

    // Inicialitzem i definim el contrast a 0x18
    glcd.begin(0x18);
    glcd.clear();

    mainMenu(); //Cridem la rutina principal.
}

void loop() {

}
```

## D2. Buttons.h

```
#ifndef Buttons_h
#define Buttons_h
    #include <ST7565.h>

    // pin 9 - Serial data out (SID)
    // pin 8 - Serial clock out (SCLK)
    // pin 7 - Data/Command select (RS or A0)
    // pin 6 - LCD reset (RST)
    // pin 5 - LCD chip select (CS)

    //Definim els pins de l'LCD.
    ST7565 glcd(9, 8, 7, 6, 5);

    //Inicialitzem i declarem variables necessàries.
    int buttonState=0;
    int lastButtonState=0;
    int returndata=0;
    int returndataone=0;
    int returndatatwo=0;
    int holdTime=250;
    int hold=0;
    int onTime=0;

    //Creem una classe per els botons.
    class Button{
    public:
        bool Pressed;
        int lastButtonState=0;
    };

    //Creem els botons.
    Button start;
    Button select;
    Button up;
    Button down;
    Button left;
    Button right;
    Button A;
    Button B;

    //Funció que llegeix els diferents estats dels botons.
    int read_buttons(void){
        returndata = 0; //En aquesta variable es guardaran els diferents
        valors per a saber quin botó ha estat premut.

        // Llegim el botó Up.
        buttonState = digitalRead(A5);

        if (buttonState !=up.lastButtonState){ //Si el valor llegit és
        diferent al valor que tenia anteriorment
            if(buttonState==HIGH){ //Si està premut
                returndata=1; //Valor que retornem en aquest cas.
                up.Pressed=true; //El botó Up ha estat premut, necessari per
                moure'ns per els menús.
```

```

    }
    }

    up.lastButtonState=buttonState; //Guardem el valor llegit, per poder
    comparar-lo la proxima vegada.

    // Llegim el botó Down.
    buttonState = digitalRead(A3);

    if(buttonState!=down.lastButtonState){
    if (buttonState == HIGH){
        returndata=2;
        down.Pressed=true;
    }
    }
    down.lastButtonState=buttonState;

    //Llegim el botó Left.
    buttonState = digitalRead(A1);

    if(buttonState!=left.lastButtonState){
    if (buttonState == HIGH){
        returndata=3;
        left.Pressed=true;
    }
    }

    left.lastButtonState=buttonState;

    //Llegim el botó Right.
    buttonState = digitalRead(A4);

    if(buttonState!=right.lastButtonState){
    if (buttonState == HIGH){
        returndata=4;
        right.Pressed=true;
    }
    }

    right.lastButtonState=buttonState;

    //Llegim el botó A.
    buttonState = digitalRead(A0);

    if(buttonState!=A.lastButtonState){
    if (buttonState == HIGH){
        returndata=5;
    }
    }

    A.lastButtonState=buttonState;

    //Llegim el botó B.
    buttonState = digitalRead(A2);

    if(buttonState!=B.lastButtonState){
    if (buttonState == HIGH){

```

```

        returndata=6;
    }
}

B.lastButtonState=buttonState;

    //Llegim el botó Start.
    buttonState = digitalRead(4);

    if(buttonState!=start.lastButtonState){
        if (buttonState == HIGH){
            returndata=7;
        }
    }

    start.lastButtonState=buttonState;

    return returndata; //La funció ens retorna el valor de returndata.
} //Fi read_buttons()

//Comprova quin botó ha estat premut per el jugador 1 en el Tennis.
int read_buttonsone(void){

    returndataone = 0;

    // Llegim el botó Left (left)
    buttonState = digitalRead(A1);

    if(buttonState!=left.lastButtonState){ //Si el botó ha canviat
d'estat
        hold=0;
        if (buttonState == HIGH){ //Si s'ha apretat
            onTime=millis(); //Mirem quan s'ha apretat
            returndataone=3;
        }
    }

    if(buttonState==left.lastButtonState){
        //Si no ha canviat d'estat
        if(buttonState==HIGH){ //I es high
            if((millis()-onTime)>holdTime){ //Mirem si ha estat premut un
rato
                returndataone=7;
                hold=1;
            }
        }
    }

    left.lastButtonState=buttonState;

    // Llegim el botó Right (right).
    buttonState = digitalRead(A4);

    if(buttonState!=right.lastButtonState){
        hold=0;
        if (buttonState == HIGH){
            returndataone=4;
            onTime=millis();

```

```

    }
}

if (buttonState==right.lastButtonState) {
    if (buttonState==HIGH) {
        if ((millis()-onTime)>holdTime) {
            hold=1;
            returndataone=8;
        }
    }
}

right.lastButtonState=buttonState;

return returndataone;
}

//Comprova quin botó ha estat premut per el jugador 2 en el Tennis.
int read_buttonstwo(void) {

    returndatatwo = 0;

    //Llegim el botó A (A)
    buttonState = digitalRead(A0);

    if (buttonState!=A.lastButtonState) {
        hold=0;
        if (buttonState == HIGH) {
            returndatatwo=5;
            onTime=millis();
        }
    }

    if (buttonState==A.lastButtonState) {
        if (buttonState==HIGH) {
            if ((millis()-onTime)>holdTime) {
                hold=1;
                returndatatwo=9;
            }
        }
    }

    A.lastButtonState=buttonState;

    //Llegim el botó B (B)
    buttonState = digitalRead(A2);

    if (buttonState!=B.lastButtonState) {
        hold=0;
        if (buttonState == HIGH) {
            returndatatwo=6;
            onTime=millis();
        }
    }

    if (buttonState==B.lastButtonState) {
        if (buttonState==HIGH) {
            if ((millis()-onTime)>holdTime) {

```

```
        hold=1;
        returndatatwo=10;
    }
}

B.lastButtonState=buttonState;

return returndatatwo; //La funció ens retorna el valor de returndata.
}
#endif
```



### D3. Menu.h

```
#include "Buttons.h"
#include "Snake.h"
#include "Pong.h"

int cursorPosition = 2; // A on es situa el cursor, de la pàgina 2 -->
6.

bool stillSelecting = true; // per saber si l'usuari encara està
seleccionant.
bool selectingLevel=false;
bool selectingPause=false;
bool selectingGameOver=false;
bool snakeGame=false;
bool pongGame=false;

int game=0; //Joc al que estem 1-Serp 2-Tenis
int level=0; //Nivell del joc de la Serp 1-Fàcil 2-Difícil
int player=0; //Número de jugadors per el Tenis 1-Un jugador 2-Dos
jugadors
int pause=0; //Per saber quin joc estem pausant 1-Serp 2-Tenis

//Funció per dibuixar el menú principal.
void drawMenu(void){ //Dibuixa el menú principal
    glcd.clear();
    glcd.drawstring(20,0,"MENU PRINCIPAL:");
    glcd.drawchar(23,cursorPosition,26);
    glcd.drawstring(30,2,"Serp");
    glcd.drawstring(30,4,"Tenis");
    glcd.display();
} //Fi drawMenu();

//Funció per dibuixar el menú per seleccionar el nivell(Serp) o núm. de
jugadors (Tenis).
void drawStart(int game){
    glcd.clear();
    if (game==1){ //Si estem a la Serp
        glcd.drawstring(48,0,"SERP");
        glcd.drawchar(23,cursorPosition,26);
        glcd.drawstring(30,2,"Facil");
        glcd.drawstring(30,4,"Dificil");
    }
    else if (game==2){ //Si estem al Tenis
        glcd.drawstring(48,0,"TENIS");
        glcd.drawchar(23,cursorPosition,26);
        glcd.drawstring(30,2,"1 Jugador");
        glcd.drawstring(30,4,"2 Jugadors");
    }
    glcd.display();
} //Fi drawStart().

//Funció per dibuixar el menú de pausa.
void drawPause(void){
    glcd.clear();
    glcd.drawstring(40,0,"PAUSA");
```

```

    glcd.drawchar(23,cursorPosition,26);
    glcd.drawstring(30,2,"Renaudar");
    glcd.drawstring(30,4,"Menu principal");
    glcd.display();
} //Fi drawPause().

//Funció per dibuixar el menú de Game Over
void gameOver(bool victory, int wplayer){
    glcd.clear();
    cursorPosition=3;
    if(victory==true){ //Si s'ha guanyat la partida en el joc de la Serp
        glcd.drawstring(5,1,"HAS GUANYAT LA PARTIDA!");
    }
    else{ //Sino vol dir que s'ha perdut
        glcd.drawstring(36,1,"GAME OVER!");
    }
    glcd.drawchar(18,cursorPosition,26);
    glcd.drawstring(25,3,"Menu Principal");
    glcd.drawstring(5,6,"(Start:Partida nova)");
    glcd.drawrect(0,0,128,64,BLACK);
    if(wplayer==1){ //En el cas del pong, si es mostrarà quin jugador ha
guanyat.
        glcd.drawstring(5,5,"Jugador 1 ha guanyat");
    }
    else if(wplayer==2){
        glcd.drawstring(5,5,"Jugador 2 ha guanyat");
    }
    glcd.display();
} // Fi gameOver().

//Funció per desplaçar el cursor per la pantalla.
int moveCursor (void) {
    if (up.Pressed==true){ //Si es prem el botó Up.
        cursorPosition=cursorPosition-2; //La posició serà una fila
anterior .

        if (cursorPosition < 2){ //Si estem a la primera fila, passem a
l'última.
            cursorPosition=4;
        }
    }
    if (down.Pressed==true){ //Si es prem el botó Down.
        cursorPosition=cursorPosition+2; //Sumem una fila.
        if (cursorPosition > 4){ //Si estem a l'última fila, passem a la
primera.
            cursorPosition = 2;}
        }

    for(int i = 2; i < (7); i=i+2){ // passa per totes les línies del
menú i borra el cursor anterior.
        glcd.drawstring(17,i," ");
        glcd.display();
    }
    return cursorPosition;
} //Fi moveCursor();

//Funció per actuar en el menú de Game Over.
void gameOverMenu(int game){

```

```

noInterrupts(); //Deshabilitem les interrupcions (per no poder cridar el
menú de pausa des d'aquí).
gameOver(victory,wplayer); //Cridem la funció que dibuixarà el menú.

if (snakeGame==true){ //Si estavem al joc de la Serp, el parem.
    snakeGame=false;
}
if(pongGame==true){ //Si estavem al joc del Tennis, el parem.
    pongGame=false;
}

while (selectingGameOver == true) { //Mentres estiguem seleccionant en
aquest menú.

    // Cridem la funció read_buttons i actuem segons la resposta. Si no es
    prem cap botó, la resposta serà 0.

    switch(read_buttons())
    {
        case 5: // Botó 'A' premut, tornem al menú principal
            selectingGameOver=false; //Sortim del menú Game Over.
            cursorPosition=2;
            GO=false; //Resetejem el valor GO per una partida nova.
            drawMenu(); //Dibuixem el menú principal.
            stillSelecting=true; //Activem el while del menú principal.
            break;
        case 7: // Botó 'Start' premut, iniciem una partida nova amb el
nivell o núm. de jugadors de la partida anterior.
            if(game==1){ //Si estavem jugant a la Serp.
                snakeGame=true; //Activem el joc.
                GO=false; //Resetejem el valor GO, per una partida nova.
                setupSnake(level); //Inicialitzem el joc de la serp.
            }
            else if(game==2){ //Si estavem jugant al Tennis.
                pongGame=true; //Activem el joc.
                GO=false;
                setupPong(player); //Inicialitzem el Pong.
            }
            selectingGameOver=false; //Sortim del menú Game Over.
            break;
    }
}

} //Fi gameOverMenu().

//Rutina principal per el menú d'inici de joc (seleccionar nivell o núm.
de jugadors).
void startMenu(int game){
    stillSelecting=false;
    //Mentre l'usuari encara estigui seleccionant, comprovarem els estats
dels botons.
    while (selectingLevel == true) {

        // Cridem la funció read_buttons i actuem segons la resposta. Si no es
        prem cap botó, la resposta serà 0.
        int pressedButton=0;
        pressedButton=read_buttons();
    }
}

```

```

if (pressedButton > 0) {
    switch(pressedButton)
    {
        // Respostes Case dependent del resultat obtingut de la funció
        read_buttons
        case 1: // Botó 'UP' premut.
            moveCursor (); // movem el cursor.
            drawStart(game);
            up.Pressed=false;
            pressedButton=0;
            break;

        case 2: // Botó 'DOWN' premut
            moveCursor (); // movem el cursor.
            drawStart(game);
            down.Pressed=false;
            pressedButton=0;
            break;

        case 5: // Botó 'A' premut.

            switch(cursorPosition) // Dependent de la posició del cursor es
            realitzen diferents accions.
            {
                case 2: //Seleccionem el primer item del menú.
                    if(game==1){ //Si estem al menú per al joc de la serp
                        level=1; //Assignem el nivell.
                        selectingLevel=false; //Sortim d'aquest menu.
                        snakeGame=true; //Activem el joc.
                    }
                    else if(game==2){ //Si estem al menú per al joc del Tennis
                        player=1; //Assignem el núm. de jugadors.
                        selectingLevel=false; //Sortim del menú.
                        pongGame=true; //Activem el joc.
                    }
                }
                break;

            case 4: // Seleccionem el segon item del menú.
                if(game==1){
                    level=2; //Assignem el nivell.
                    selectingLevel=false;
                    snakeGame=true;
                }
                else if(game==2){ //Si estem al menú per al joc del Tennis.
                    player=2; //Assignem el núm. de jugadors.
                    selectingLevel=false;
                    pongGame=true;
                }
            }
            break;
        }

        case 6: // Botó 'B' premut
            selectingLevel=false;
            stillSelecting=true;
            cursorPosition=2;
            drawMenu(); //Tornem al menú principal
            break;
    }
}

```

```

    }
}
} //Fi startMenu()

//Rutina principal del menú de pausa
void pauseMenu(void){

    static unsigned long last_interrupt_time = 0; //Per saber quan ha sigut
    la última interrupció.
    unsigned long interrupt_time = millis(); //Per saber quan ha passat
    aquesta interrupció.

    // Si les interrupcions tarden menys de 200ms enntre elles, assumim que
    es un rebot i l'ignorem
    if (interrupt_time - last_interrupt_time > 200){
        glcd.clear();
        glcd.display();
        selectingPause=true;

        if (snakeGame==true){ //Si estavem a la Serp, el parem.
            snakeGame=false;
            pause=1;
        }
        if(pongGame==true){ //Si estavem al Tennis, el parem.
            pongGame=false;
            pause=2;
        }

        drawPause(); //Dibuixem el menú de pausa.

        while(selectingPause==true){
            // Cridem la funció read_buttons i actuem segons la resposta. Si no es
            prem cap botó, la resposta serà 0.
            int pressedButton=0;
            pressedButton=read_buttons();

            if (pressedButton > 0) {
                switch(pressedButton)
                {

                    // Respostes Case depenent del resultat obtingut de la funció
                    read_buttons
                    case 1: // Botó 'UP' premut.
                        moveCursor (); // movem el cursor.
                        drawPause();
                        up.Pressed=false;
                        pressedButton=0;
                        break;

                    case 2: // Botó 'DOWN' premut
                        moveCursor (); // movem el cursor.
                        drawPause();
                        down.Pressed=false;
                        pressedButton=0;
                        break;

                    case 5: // Botó 'A' premut

```

```

        switch(cursorPosition) // Depenent de la posició del cursor es
        realitzen diferents accions.
        {
            case 2: //Seleccióem el primer ítem del menú.
                selectingPause=false;
                if (pause==1){ //Si estavem al joc de la Serp
                    snakeGame=true; //Continuem.
                    glcd.clear();
                    glcd.setpixel(foodX,foodY,BLACK);
                    glcd.display();
                }
                if (pause==2){ //Si estavem al joc del Tennis
                    pongGame=true; //Continuem
                    if(player==1){ //Si estavem amb mode 1 jugador, dibuixem la
pantalla que toca.
                        glcd.clear();
                        glcd.fillrect(0,0,1,64,BLACK);
                        glcd.fillrect(0,0,123,1,BLACK);
                        glcd.fillrect(0,63,123,1,BLACK);
                    }
                    else if(player==2){ //Si estavem amb mode 2 jugadors,
dibuixem la pantalla que toca.
                        glcd.clear();
                        glcd.fillrect(63,0,1,64,BLACK);
                        glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesiz
eY,BLACK);
                    }
                    glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesiz
eY,BLACK);
                    glcd.fillrect(ballX,ballY,ballSize,ballSize,BLACK);
                    glcd.display();
                }
                break;

            case 4: // Seleccióem el segon ítem del menú.
                selectingPause=false;
                cursorPosition=2;
                drawMenu(); //Tornem al menú principal
                stillSelecting=true;
                break;
        }

    }

}

}

}

}

last_interrupt_time = interrupt_time; //Guardem el valor de temps
d'aquesta interrupció per comparar després.

} //Fi pauseMenu()

//Rutina setup principal

void mainMenu(void) {
//Mostrem el menú per pantalla.
    drawMenu();

```

```

//Mentre l'usuari encara estigui seleccionant, comprovarem els estats
dels botons.
while (stillSelecting == true) {

    // Cridem la funció read_buttons i actuem segons la resposta. Si no es
    prem cap botó, la resposta serà 0.
    int pressedButton=0;
    pressedButton=read_buttons();

    if (pressedButton > 0) {
        switch(pressedButton)
        {

            // Respostes Case depenent del resultat obtingut de la funció
            read_buttons
            case 1: // Botó 'UP' premut.
                moveCursor (); // movem el cursor.
                drawMenu(); //Reescrivim el menú amb el cursor a la posició que
            toca.
                up.Pressed=false;
                pressedButton=0;
                break;

            case 2: // Botó 'DOWN' premut
                moveCursor (); // movem el cursor.
                drawMenu(); //Reescrivim el menú amb el cursor a la posició que
            toca.
                down.Pressed=false;
                pressedButton=0;
                break;

            case 5: // Botó 'A' premut.
                switch(cursorPosition) // Depenent de la posició del cursor es
            realitzen diferents accions.
                {
                    case 2: //Seleccionem el primer item del menú.
                        selectingLevel=true;
                        game=1;
                        drawStart(game); //Mostrem el menú dinici de joc
                        startMenu(game);
                        if(snakeGame==true){
                            setupSnake(level); //Configurem el joc
                            while (snakeGame==true){ //Rutina del joc
                                attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2),pauseMenu,RISING); //s'a
            ctiva quan el pin 2 passi de Low a High i cridara la funció pause()
                                mainSnake(); //Rutina principal de la Serp.
                                if (GO==true){ //Si s'ha acabat la partida
                                    selectingGameOver = true;
                                    gameOverMenu(game); //Es mostrarà el menú de Game Over.
                                    cursorPosition=2;
                                }
                            }
                        }
                    }
                }
                break;

            case 4: // Seleccionem el segon item del menú.
                selectingLevel=true;

```





## D4. Pong.h

```
#include "Buttons.h"

//Mides de la pantalla
int width=127;
int height=63;

//Posició de les raquetes
int paddletwo[2]={4,29}; //Les raquetes son un vector amb les posicions x
i y del primer píxel.
int paddleone[2]={123,29};

int paddlesizeX=1; //Mida de la raqueta horitzontalment.
int paddlesizeY=7; //Mida de la raqueta verticalment.

//Puntuació dels jugadors
int playerone=0;
int playertwo=0;
int wplayer=0; //Per saber quin jugador ha guanyat

//Posició de la pilota
int ballX=60; //Posició X de la pilota fixe a l'inici de cada partida.
int ballY=random(0,62); //Cada partida començarà amb una posició Y de la
pilota random.

int ballSize=2; //Mida de la pilota

//Velocitat de la raqueta i la pilota en les direccions X i Y (quadres
que avancen a cada moviment)
int paddleSpeed=3;
int ballspeedX=2; //Com que la pantalla es horitzontal, la velocitat X
serà més alta que la velocitat Y.
int ballspeedY=1;

//Funció per moure les raquetes.
void Move(int returndataone, int returndatatwo, int player){ //Movem les
raquetes.
    switch (returndataone){ //Segons els botons premuts per el jugador 1.

        case 3: //JUGADOR 1 PREM UP, si anem cap amunt hem de disminuir la Y.
            if(paddleone[1]>0){ //Si no estem a dalt de tot
                glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
                paddleone[1]--; //Decrementem els valors de Y
                glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
                glcd.display();
            }
            break;

        case 4://JUGADOR 1 PREM DOWN, si anem cap avall hem d'augmentar la Y.
            if((paddleone[1]+paddlesizeY-1)<63){ //Si no estem abaix de tot
                glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
                paddleone[1]++; //Augmentem els valors de Y
```

```

        glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
        glcd.display();
    }
    break;

    case 7: //JUGADOR 1 MANTÉ APRETAT UP
        if(paddleone[1]>0){ //Si no estem a dalt de tot
            glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
            paddleone[1]-=paddleSpeed; //Decrementem els valors de Y
            glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
            glcd.display();
        }
        break;

    case 8: //JUGADOR 1 MANTÉ APRETAT DOWN
        if((paddleone[1]+paddlesizeY-1)<63){ //Si no estem abaix de tot
            glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
            paddleone[1]+=paddleSpeed; //Augmentem els valors de Y
            glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
            glcd.display();
        }
        break;
    }
    if(player==2){ //Si estem en el mode de 2 jugaors, tindrem una raqueta
        extra per moure.
        switch (returndatatwo){ //Segons els botons premuts per el jugador 2.

            case 5: //JUGADOR 2 PREM UP, si anem cap amunt hem de disminuir la Y.
                if(paddletwo[1]>0){ //Si no estem a dalt de tot
                    glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
                    paddletwo[1]--; //Decrementem els valors de Y
                    glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
                    glcd.display();
                }
                break;

            case 6://JUGADOR 1 PREM DOWN, si anem cap avall hem d'augmentar la Y.
                if((paddletwo[1]+paddlesizeY-1)<63){ //Si no estem abaix de tot
                    glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
                    paddletwo[1]++; //Augmentem els valors de Y
                    glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
                    glcd.display();
                }
                break;

            case 9: //JUGADOR 2 MANTÉ APRETAT UP
                if(paddletwo[1]>0){ //Si no estem a dalt de tot
                    glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall

```

```

        paddletwo[1]-=paddleSpeed; //Decrementem els valors de Y
        glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
        glcd.display();
    }
    break;

    case 10: //JUGADOR 2 MANTÉ APRETAT DOWN
        if((paddletwo[1]+paddlesizeY-1)<63){ //Si no estem abaix de tot
            glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,W
HITE); //Borrem el píxel de més avall
            paddletwo[1]+=paddleSpeed; //Augmentem els valors de Y
            glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,B
LACK); //Dibuixem la raqueta a la nova posició
            glcd.display();
        }
        break;
    }
}
} //Fi Move()

//Funció que desplaça la pilota per la pantalla.
void Moveball(int player){
    glcd.fillrect(ballX,ballY,ballSize,ballSize,WHITE); //Dibuixem la
pilota.
    ballX+=ballspeedX; //La posició nova de la pilota serà la anterior més
la velocitat a la que es mou.
    ballY+=ballspeedY;
    glcd.fillrect(ballX,ballY,ballSize,ballSize,BLACK); //Dibuixem la pilota
a la nova posició.
    glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,BLACK);
//Dibuixem la raqueta del jugador 1.
    if(player==1){ //Si només hi ha un jugador, dibuixem la pista que toca.
        glcd.fillrect(0,0,1,64,BLACK);
        glcd.fillrect(0,0,123,1,BLACK);
        glcd.fillrect(0,63,123,1,BLACK);
    }

    if(player==2){ //Si hi ha dos jugadors, dibuixem la pista que toca.
        glcd.fillrect(63,0,1,64,BLACK);
        glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,BLACK
);
    }
    glcd.display();
} //Fi Moveball().

//Mirem si la pilota xoca amb les parets o les raquetes.
void collidePong(int player){
    if(player==1){ //Si només hi ha un jugador
        if(ballspeedY>0){ //Si la velocitat Y de la pilota és positiva anem
cap avall.
            if((ballY+ballSize)==height){ //Mirem si xoca amb la part inferior
de la pantalla.
                ballspeedY*=-1; //Si xoca, rebotarà, canviem la direcció de la
velocitat Y.
            }
        }
    }
}

```

```

    if(ballspeedY<0){ //Si la velocitat Y de la pilota és negativa anem cap
    amunt.
        if(ballY==1){ //Mirem si xoca amb la part superior de la pantalla.
            ballspeedY*=-1; //Si xoca, rebotarà, canviem la idrecció de la
            velocitat Y.
        }
    }
    if(ballspeedX<0){ //Si la velocitat X de la pilota és negativa, anem
    cap a l'esquerre.
        if(ballX<=1){ //Mirem si xoca amb el costat esquerre de la pantalla.
            ballspeedX*=-1; //Si xoca, rebotarà, canviem la direcció de la
            velocitat X.
        }
    }
    if(ballspeedX>0) { //Si la velocitat X és positiva, anem cap a la
    dreta.
        if ((ballX+ballSize-1)==(paddleone[0]-1)) || (ballX>=paddleone[0]-1)
        && (ballY>=paddleone[1]) && (ballY<=(paddleone[1]+paddlesizeY-1))) {
        //Mirem si xoca amb la raqueta.
            ballspeedX*=-1; //Rebota i canvia de sentit.
        }

        else if((ballX+ballSize-1)>width){ //Mirem si surt de la pantalla.
            GO=true; //S'acaba la partida.
        }
    }
} //Fi condicio 1 jugador

if(player==2){ //Si hi ha dos jugadors
    if(ballspeedY>0){ //Si la velocitat Y de la pilota és postiva, anem
    cap avall.avall
        if((ballY+ballSize-1)==height){ //Mirem si xoca amb la part inferior
    de la pantalla.
            ballspeedY*=-1; //Si xoca, rebotarà, canviem direcció de la
            velocitat Y.
        }
    }
    if(ballspeedY<0){ //Si la velocitat Y de la pilota és negativa, anem
    cap amunt.
        if(ballY==0){ //Mirem si xoca amb la part superior de la pantalla.
            ballspeedY*=-1; //Si xoca, rebotarà, canviem la direcció de la
            velocitat Y.
        }
    }
    if(ballspeedX<0){ //Si la velocitat X de la pilota és negativa, anem
    cap a l'esquerre.
        if ((ballX==(paddletwo[0]+1)) || (ballX==paddletwo[0]) &&
        (ballY>=paddletwo[1]) && (ballY<=(paddletwo[1]+paddlesizeY-1))) { //Mirem
        si xoca amb la raqueta.
            ballspeedX*=-1; //Rebota i canvia de sentit.
        }

        else if (ballX<=0){ //Mirem si surt de la pantalla.
            playerone++; //Si es surt, l'altre jugador suma un punt.
            glcd.fillrect(ballX,ballY,ballSize,ballSize,WHITE);
            ballX=60; //La posició X de la nova pilota serà sempre la
            mateixa.
        }
    }
}

```

```

        ballspeedX*=-1; //La pilota començarà anant cap al jugador que ha
fet un punt.
        if (playerone==10){ //Si un dels jugadors arriba a 10 punts
s'acaba la partida.
            GO=true;
            wplayer=1; //Anotem que el jugador 1 es qui ha guanyat.
        }
    }
}
if(ballspeedX>0){ //Si la velocitat X de la pilota és positiva, anem
cap a la dreta
    if (((ballX+ballSize-1)==(paddleone[0]-1)) || (ballX>=paddleone[0]-
1) && (ballY>=paddleone[1]) && (ballY<=(paddleone[1]+paddlesizeY-1))){
//Mirem si xoca amb la raqueta.
        ballspeedX*=-1; //Rebota i canvia de sentit.
    }
    if(ballX>=width){ //Mirem si surt de la pantalla
        playertwo++; //Si es surt, l'altre jugador suma un punt.
        glcd.fillrect(ballX,ballY,ballSize,ballSize,WHITE);
        ballX=60;
        ballspeedX*=-1;
        if(playertwo==10){ //Si un dels jugadors arriba a 10 punts
s'acaba la partida.
            GO=true;
            wplayer=2; //Anotem que el jugador 2 ha guanyat.
        }
    }
}
} //Fi si hi ha dos jugadors.
} //Fi collidePong().

//Funció que inicialitza el joc del Tennis.
void setupPong(int player) {
    glcd.clear();

    //Definim les posicions inicials de les raquetes.
    paddletwo[0]=4;
    paddletwo[1]=29;
    paddleone[0]=123;
    paddleone[1]=29;

    //Definim la puntuació inicial dels jugadors.
    playerone=0;
    playertwo=0;
    wplayer=0;

    //Definim la posició i velocitat inicial de la pilota.
    ballX=60;
    ballY=random(0,62);
    ballspeedX=2; //Com que la pantalla es horitzontal, la velocitat X serà
més alta que la velocitat Y.
    ballspeedY=1;

    //Dibuixem les raquetes a la posició inicial i pista.
    if (player==1){ //Si estem en mode 1 jugador
        glcd.fillrect(0,0,1,64,BLACK);
        glcd.fillrect(0,0,123,1,BLACK);
        glcd.fillrect(0,63,123,1,BLACK);
    }
}

```

```
        glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,BLACK
    );
    glcd.display();
    }
    if(player==2){ //Si estem en mode 2 jugadors
        glcd.fillrect(63,0,1,64,BLACK);
        glcd.fillrect(paddleone[0],paddleone[1],paddlesizeX,paddlesizeY,BLACK
    );
        glcd.fillrect(paddletwo[0],paddletwo[1],paddlesizeX,paddlesizeY,BLACK
    );
        glcd.fillrect(ballX,ballY,ballSize,ballSize,BLACK);
        glcd.display();
    }
} //Fi setupPong();

//Rutina principal del joc Tennis.
void mainPong(int player) {
    read_buttonsone(); //Llegim els moviments del jugador 1.
    read_buttonstwo(); //Llegim els moviments del jugador 2.
    Move(returndataone,returndatatwo,player); //Movem les raquetes segons
els botons que han estat premuts.
    Moveball(player); //Movem la pilota.
    collidePong(player); //Mirem si la pilota xoca amb les parets o les
raquetes.
} //Fi mainPong(.

```

## D5. Snake.h

```
#include "Buttons.h"

int snake[200]; //Declarem el vector de la serp on guardarem les
posicions x i y de la serp de la manera
snake=[x0,y0,x1,y1,...,headX,headY]
int snakeSize; //Mida de la serp.
int headX=snake[snakeSize-2]; //Posició del cap de la serp X.
int headY=snake[snakeSize-1]; //Posició del cap de la serp Y.
int maxLength=100; //Mida maxima de la serp.
int foodX; //Posició X del menjar.
int foodY; //Posició Y del menjar.

char Direction; //Direcció a la que es mou la serp.

//Booleans per comprovar si s'està anant en alguna direcció.
bool goingUp;
bool goingDown;
bool goingLeft;
bool goingRight;

//Definim els limits de la pantalla.
int maxX=127;
int maxY=63;

bool GO=false; //Bolea que s'activa en cas de perdre la partida.
bool victory=false; //Bolea que s'activa en cas de guanyar la partida
(Serp).

int Time; //Temps de delay depenent del nivell escollit del joc.

//Col·loquem la primera part de la serp (sempre la mateixa posició
inicial).
void placesnake(void) {
    int x,y,xx,yy;

    x=64;
    y=32;
    for(int i=0; i<snakeSize; i=i+2){ //Per assignar les posicions de la
serp depenent del nivell.
        snake[i]=x;
        snake[i+1]=y;
        x++; //Com que esta en horitzontal, la y es sempre la mateixa i la x
incrementa.
    }

    xx=0;
    yy=1;
    for(int i=0; i<snakeSize/2 ; i++){ //Per dibuixar tots els pixels de la
serp.
        glcd.setpixel(snake[xx],snake[yy],BLACK);
        xx=xx+2;
        yy=yy+2;
    }
    headX=snake[snakeSize-2]; //Guardem la posició del cap.
    headY=snake[snakeSize-1];
```

```
    glcd.display();
} // Fi placesnake().

// Col·loquem el menjar de manera aleatoria a la pantalla.
void food(void) {
    int x,y;
    bool found=true;
    int counter=0;

    while(found==true){ //Mentres no hi hagi un lloc lliure.
        x=random(0,maxX+1); //Valors random de x i y.
        y=random(0,maxY+1);

        int counterX=0; //El cos de la serp es un vector amb les posicions
        guardades x,y,x,y,x,y...
        int counterY=1;

        for(int i=0; i <= snakeSize/2; i++){ //Al ser un vector, la mida sera
        la total dividit entre dos, doncs tenim x i y.
            if(x==snake[counterX] && y==snake[counterY]){ //Col·locar el menjar
            si la serp no està en la mateixa posició.
                counter=counter+1;
            }
            counterX=counterX+2; //Per passar al següent valor de x i saltar-nos
            el de y.
            counterY=counterY+2;
        }
        if(counter==0){ //Comprovem si la serp està a la mateixa posició.
            found=false;
        }
        glcd.setpixel(x,y,BLACK);
        glcd.setpixel(foodX,foodY,WHITE);
        glcd.display();
        foodX=x;
        foodY=y;
    }
} // Fi food

// Funció que fa créixer la serp.
void grow(char Direction){
    if(snakeSize<maxLength){ //Si no s'ha arribat a la mida màxima
        int x,y;

        // Ha d'avançar un pixel sense borrar l'ultim i afegir el nou cap a
        l'array.
        switch(Direction){

            case 'U': //Si estem anant cap amunt, la posició del cap tindrà el
            mateix valor X, però una posició menys Y.
                x=headX;
                y=headY--;
                break;

            case 'D': //Si estem anant cap avall, la posició del cap tindrà el
            mateix valor X, però una posició més Y.
                x=headX;
```



```

        y=headY++;
        break;

        case 'L': //Si estem anant cap a l'esquerre, la posició del cap
tindrà el mateix valor Y, però una posició menys X.
            x=headX--;
            y=headY;
            break;

        case 'R': //Si estem anant cap a la dreta, la posició del cap tindrà
el mateix valor Y, però una posició més X.
            x=headX++;
            y=headY;
            break;
    }
    snakeSize=snakeSize+2; //Augmentem la mida de la serp en dos (un per la
posició x i la altre per la y).
    glcd.setpixel(x,y,BLACK); //Dibuixem el píxel nou.
    headX=x; //Guardem la nova posició del cap de la serp.
    headY=y;
    snake[snakeSize-2]=headX; //Guardem els valors del cap al vector de la
serp.
    snake[snakeSize-1]=headY;
    glcd.display();

    }
    else { //Si s'ha arribat a la mida màxima es guanya la partida.
        GO=true;
        victory=true;
    }
} //Fi grow().

//Mirem si ha menjat.
void eat(void){
    if(headX==foodX && headY==foodY){ //Si el cap de la serp està en la
mateixa posició del menjar:
        food(); //Col·loquem un menjar nou.
        grow(Direction); //Fem créixer la serp.
    }
}

//Mirem si la serp xoca amb parets o amb ella mateixa.
void collideSnake(void){
    if(headX > maxX+1 || headY > maxY+1 || headX < 0 || headY < 0){
//Mirem si es xoca contra la paret.
//Es mor automaticament si toca la paret.
        GO=true;
    }
    int counterX=0; //El cos de la serp es un vector amb les posicions
guardades x,y,x,y,x,y...
    int counterY=1;

    for(int counter=0; counter < (snakeSize-2)/2; counter++){ //Al ser un
vector, la mida sera la total menys el cap i dividit entre dos, doncs
tenim x i y
        if((snake[counterX] == headX) && (snake[counterY] == headY)){ //Mirem
si xoca amb ella mateixa.

```

```

        GO=true;
    }
    counterX=counterX+2;//Per passar al següent valor de x i saltar-nos
    el de y
    counterY=counterY+2;
}

} //Fi collideSnake().

//Movem la serp segons la direcció a la que està anant.
void Move(char Direction){

    int xcounter=0;
    int ycounter=1;
    int counterxx=2;
    int counteryy=3;

    switch(Direction){

        case 'U': //Si es prem el botó Up

            headY--; //Per anar cap amunt hem de decrementar el valor de Y
            glcd.setpixel(snake[0],snake[1],WHITE); //Borrem l'ultim píxel
            for(int counter=0; counter<(snakeSize-2)/2; counter++){ //Desplaça
els valors del vector de la serp cap a l'esquerra
                snake[xcounter] = snake[counterxx]; //substitueix el primer valor
de x amb el següent valor x del vector
                snake[ycounter] = snake[counteryy]; //substitueix el primer valor
de y amb el següent valor y del vector
                glcd.setpixel(snake[xcounter],snake[ycounter],BLACK); //Preparem
els píxels a mostrar
                counterxx=counterxx+2;
                counteryy=counteryy+2;
                xcounter=xcounter+2;
                ycounter=ycounter+2;
            }
            snake[snakeSize-2]=headX; //Posem els valors del cap de la serp a
la posició que ha quedat lliure del vector
            snake[snakeSize-1]=headY;
            glcd.setpixel(headX,headY,BLACK);
            glcd.display();
            delay(Time);

            break;

        case 'D': //Si es prem el botó Down

            headY++; //Per anar cap avall hem d'incrementar el valor de Y
            glcd.setpixel(snake[0],snake[1],WHITE); //Borrem l'ultim píxel
            for(int counter=0; counter<(snakeSize-2)/2; counter++){ //Desplaça
els valors del vector de la serp cap a l'esquerra
                snake[xcounter] = snake[counterxx]; //substitueix el primer valor
de x amb el següent valor x del vector
                snake[ycounter] = snake[counteryy]; //substitueix el primer valor
de y amb el següent valor y del vector
                glcd.setpixel(snake[xcounter],snake[ycounter],BLACK); //Preparem
els píxels a mostrar
                counterxx=counterxx+2;

```



```

        counteryy=counteryy+2;
        xcounter=xcounter+2;
        ycounter=ycounter+2;
    }
    snake[snakeSize-2]=headX; //Posem els valors del cap de la serp a
la posicio que ha quedat lliure del vector
    snake[snakeSize-1]=headY;
    glcd.setpixel(headX,headY,BLACK);
    glcd.display();
    delay(Time);

    break;

    case 'L': //Si es prem el botó Left

        headX--; //Per anar cap a l'esquerra hem de decrementar el valor de
X
        glcd.setpixel(snake[0],snake[1],WHITE); //Borrem l'ultim píxel
        for(int counter=0; counter<(snakeSize-2)/2; counter++){ //Desplaça
els valors del vector de la serp cap a l'esquerra
            snake[xcounter] = snake[counterxx]; //substitueix el primer valor
de x amb el següent valor x del vector
            snake[ycounter] = snake[counteryy]; //substitueix el primer valor
de y amb el següent valor y del vector
            glcd.setpixel(snake[xcounter],snake[ycounter],BLACK); //Preparem
els pixels a mostrar
            counterxx=counterxx+2;
            counteryy=counteryy+2;
            xcounter=xcounter+2;
            ycounter=ycounter+2;
        }
        snake[snakeSize-2]=headX; //Posem els valors del cap de la serp a
la posicio que ha quedat lliure del vector
        snake[snakeSize-1]=headY;
        glcd.setpixel(headX,headY,BLACK);
        glcd.display();
        delay(Time);

        break;

    case 'R': //Si es prem el botó Right

        headX++; //Per anar cap a la dreta hem d'incrementar el valor de X
        glcd.setpixel(snake[0],snake[1],WHITE); //Borrem l'ultim píxel
        for(int counter=0; counter<(snakeSize-2)/2; counter++){ //Desplaça
els valors del vector de la serp cap a l'esquerra
            snake[xcounter] = snake[counterxx]; //substitueix el primer valor
de x amb el següent valor x del vector
            snake[ycounter] = snake[counteryy]; //substitueix el primer valor
de y amb el següent valor y del vector
            glcd.setpixel(snake[xcounter],snake[ycounter],BLACK); //Preparem
els pixels a mostrar
            counterxx=counterxx+2;
            counteryy=counteryy+2;
            xcounter=xcounter+2;
            ycounter=ycounter+2;
        }
    }

```

```

        snake[snakeSize-2]=headX; //Posem els valors del cap de la serp a
la posicio que ha quedat lliure del vector
        snake[snakeSize-1]=headY;
        glcd.setpixel(headX,headY,BLACK);
        glcd.display();
        delay(Time);

        break;

    }
} //Fi Move().

//Funció que inicialitza el joc de la serp.
void setupSnake(int level){
    GO=false;
    if(level==1){ //Configurem el temps de delay i la mida incial de la
serp segons el nivell escollit.
        Time=75;
        snakeSize=12;
    }
    else {
        Time=40;
        snakeSize=30;
    }

    glcd.clear();
    placesnake(); //Col·loquem la serp.
    food(); //Col·loquem el menjar.

    Direction='R'; //Comença movent-se cap a la dreta sempre.
    Move(Direction);
    goingUp=false;
    goingDown=false;
    goingLeft=false;
    goingRight=true;
}

//Rutina principal del joc de la serp.
void mainSnake(void){
    read_buttons();
    if(goingUp==false && goingDown==false){//Si no anem ni cap amunt ni cap
avall, podem anar cap amunt o cap avall.
        if(returndata==1){ //Si es prem el botó d'anar cap amunt.
            goingUp=true;
            goingDown=false;
            goingLeft=false;
            goingRight=false;

            Direction='U'; //Assignem la direcció.
        }
        if(returndata==2){ //Si es prem el botó d'anar cap avall.
            goingUp=false;
            goingDown=true;
            goingLeft=false;
            goingRight=false;

            Direction='D'; //Assignem la direcció.
        }
    }
}

```

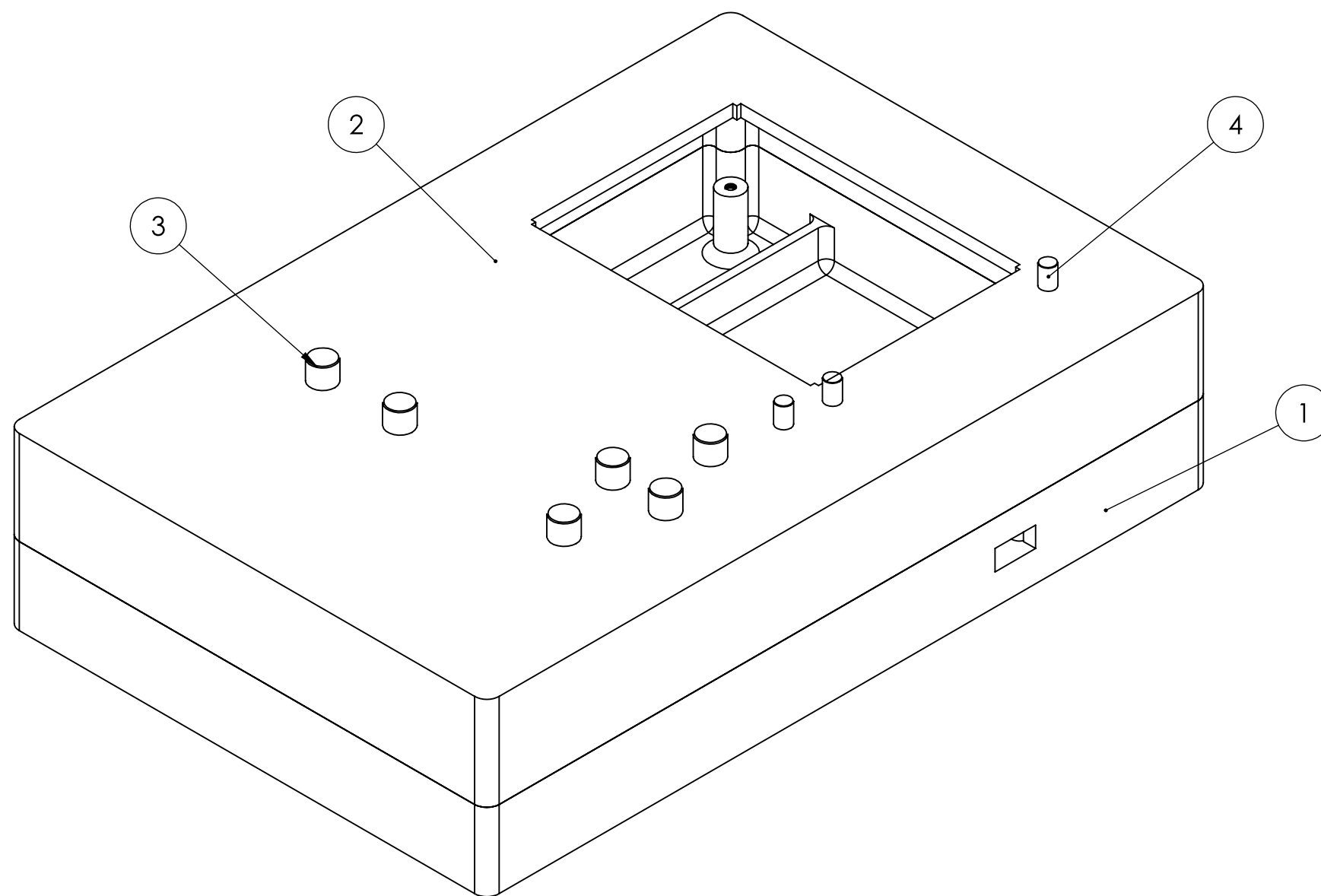
```
}
if(goingRight==false && goingLeft==false){//Si no anem cap a la dreta
ni cap a l'esquerre, podem anar cap a l'esquerre o cap a la dreta.
    if(returndata==3){ //Si es prem el botó d'anar cap a l'esquerre.
        goingUp=false;
        goingDown=false;
        goingLeft=true;
        goingRight=false;


        Direction='L'; //Assignem la direcció.
    }
    if(returndata==4){//Si es prem el botó d'anar cap a la dreta.
        goingUp=false;
        goingDown=false;
        goingLeft=false;
        goingRight=true;

        Direction='R'; //Assignem la direcció.
    }
}
Move(Direction); //Movem la serp segons la direcció a la que estem
anant.
collideSnake(); //Mirem si xoca amb la paret o amb si mateixa.
eat(); //Mirem si ha menjat.
} //Fi mainSnake().
```

## **Annex E: Plànols**



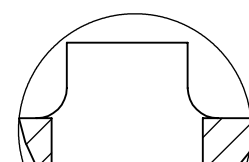


N.º D'ELEMENT	N.º DE PEÇA	DESCRIPCIÓ	QUANTITAT
1	Part inferior		1
2	Part Superior		1
3	Boto gran		6
4	Boto petit		3
DESENVOLUPAMENT D'UNA CONSOLA ELECTRÒNICA 'PONG'		Designació: Acoblament carcassa	Núm. de plànol:  <b>1</b>
Comprovat per: Antoni Perez-Poch		Data: Octubre 2018	
Autor: Victòria Boncompte i Botey 		Observacions:	Escala:  <b>1:1</b>

1

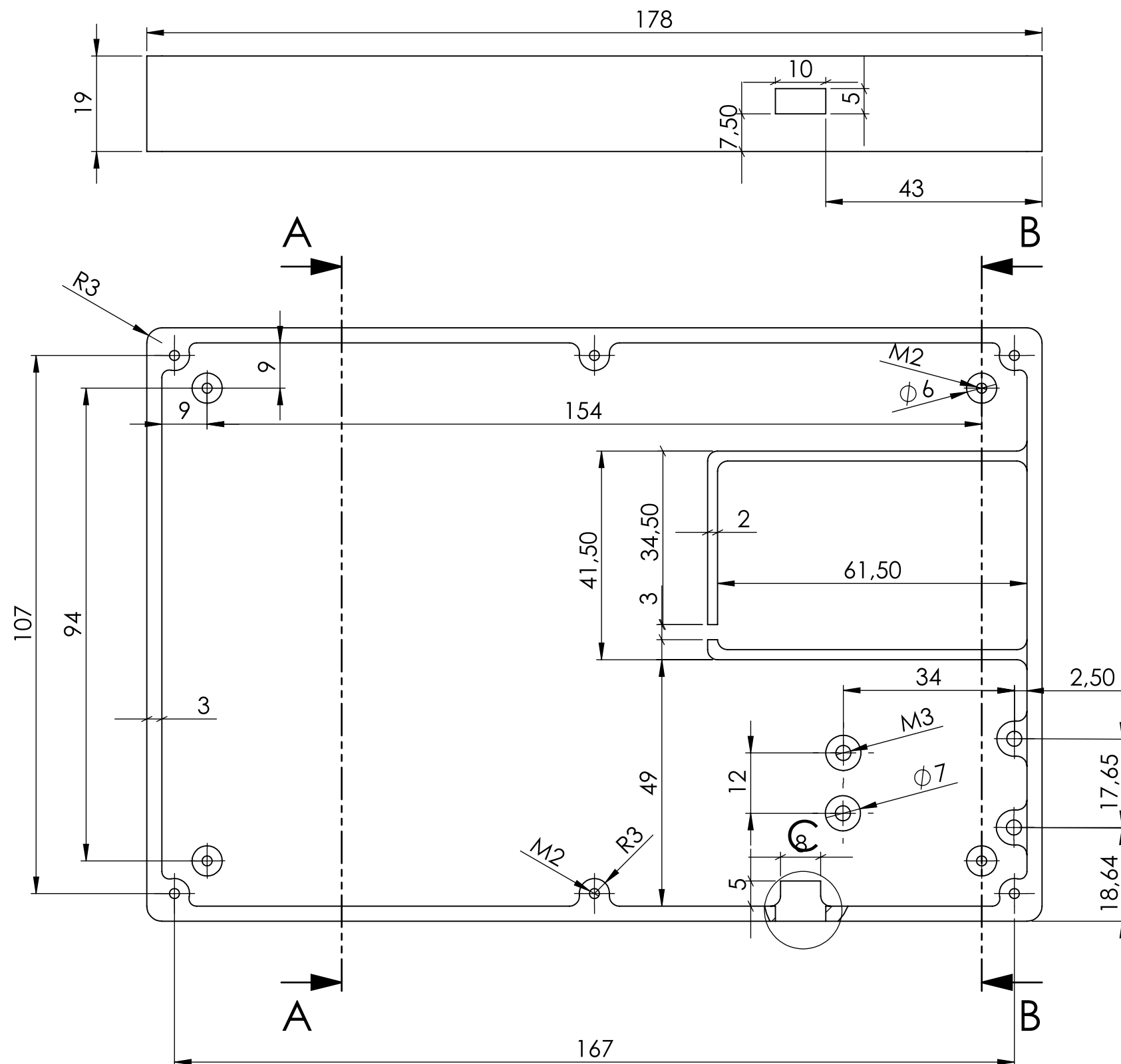
SECCIÓ B-B  
ESCALA 1 : 1

SECCIÓ A-A  
ESCALA 1 : 1



DETALLE C  
ESCALA 2 : 1

Arrodoniments R1,5mm

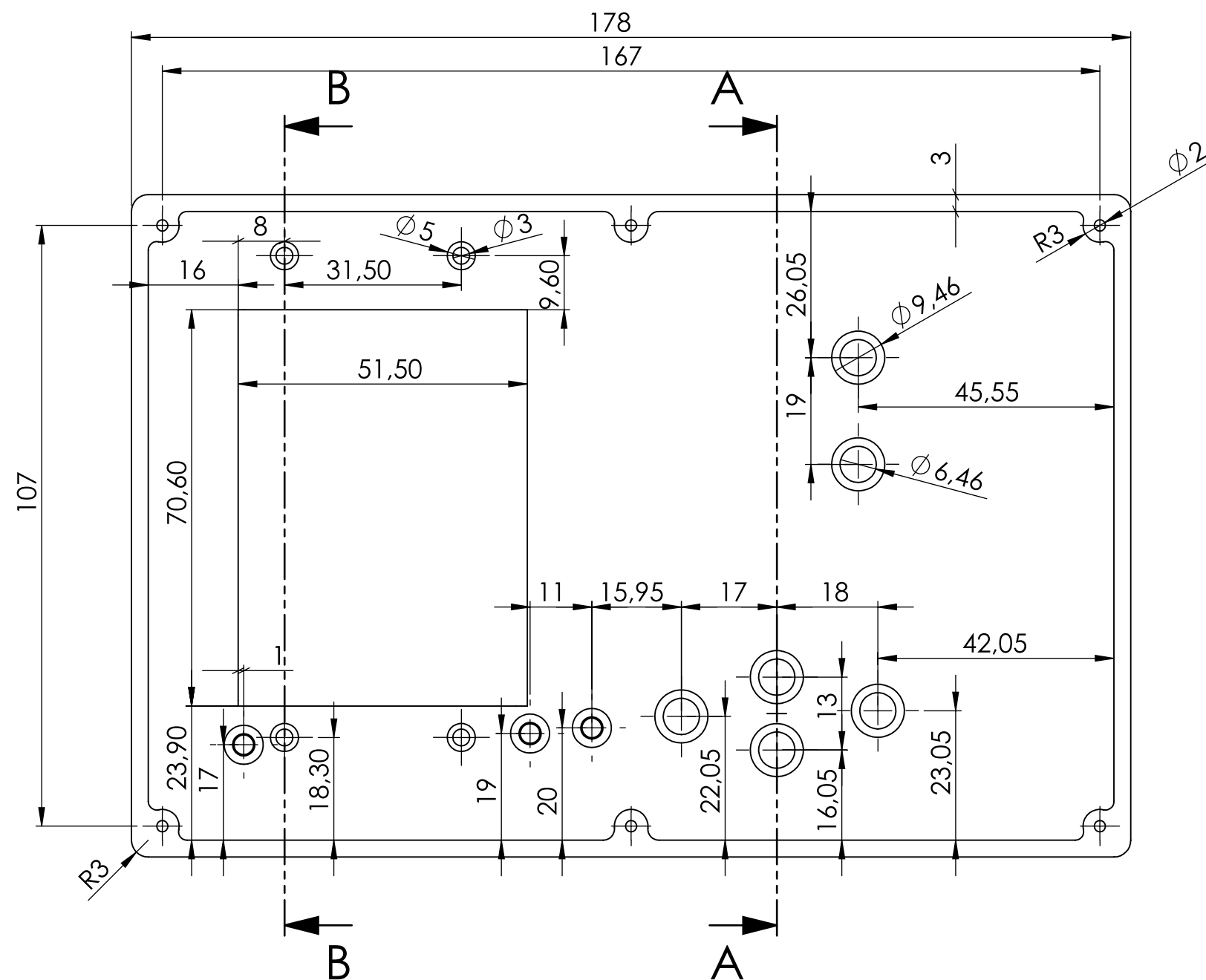


DESENVOLUPAMENT D'UNA CONSOLA ELECTRÒNICA 'PONG'	Designació: Part inferior	Núm. de plànol:  2
Comprovat per: Antoni Perez-Poch	Data: Octubre 2018	
Autor: Victòria Boncompte i Botey	Observacions:	Escala:  1:1




Technical drawing of a vertical profile, likely a cross-section of a mechanical part. The drawing shows a long, narrow vertical section with a complex internal profile. A dimension line with arrows indicates a width of 4 units. The profile features a series of steps and curves, with a small rectangular feature near the top and a larger, more complex feature near the bottom. The drawing is oriented vertically, with the dimension line placed horizontally across the upper portion.

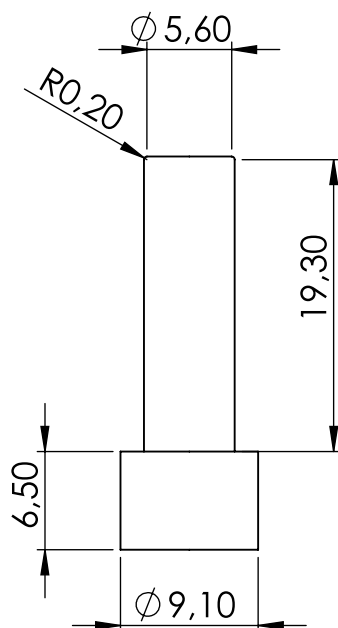
Arrodoniments R1,5mm



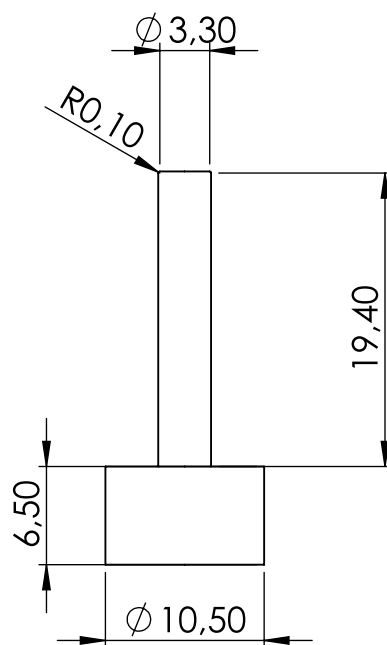
Technical drawing of a stepped shaft. The drawing shows a side view of the shaft with four steps. The total length of the shaft is 118. The diameter of the largest section is 23. The diameter of the smallest section is 3. The distance between the first and second steps is 10. The drawing includes hatching for the shaft body and the steps.

DESENVOLUPAMENT D'UNA CONSOLA ELECTRÒNICA 'PONG'	Designació: Part inferior	Núm. de plànol:
Comprovat per: Antoni Perez-Poch	Data: Octubre 2018	3
Autor: Victòria Boncompte i Botey 	Observacions:	Escala: 1:1

3



4



DESENVOLUPAMENT D'UNA  
CONSOLA ELECTRÒNICA 'PONG'

Designació:  
Pulsadors gran i petit

Núm. de plànol:

4

Comprovat per: Antoni Perez-Poch

Data: Octubre 2018

Autor: Victòria Boncompte i Botey

Observacions:

Escala:

2:1



## Annex F: Datasheets dels components

- CD4050BC
- Tactile switch B3F
- Cellevia bateries LP903759
- LD1117 Series (LM7803)
- ST7565
- Synchronous boost converter TPS61090 (PowerBoost 1000C)
- MCD3871 (PowerBoost 1000C)

Atmel. *ATmega328P datasheet* [en línia]. [Consulta: març del 2018]. Disponible a:

[http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P\\_Datasheet.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-42735-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega328-328P_Datasheet.pdf) .

## CD4049UBC • CD4050BC

### Hex Inverting Buffer • Hex Non-Inverting Buffer

#### General Description

The CD4049UBC and CD4050BC hex buffers are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. These devices feature logic level conversion using only one supply voltage ( $V_{DD}$ ). The input signal high level ( $V_{IH}$ ) can exceed the  $V_{DD}$  supply voltage when these devices are used for logic level conversions. These devices are intended for use as hex buffers, CMOS to DTL/TTL converters, or as CMOS current drivers, and at  $V_{DD} = 5.0V$ , they can drive directly two DTL/TTL loads over the full operating temperature range.

#### Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- Direct drive to 2 TTL loads at 5.0V over full temperature range
- High source and sink current capability
- Special input protection permits input voltages greater than  $V_{DD}$

#### Applications

- CMOS hex inverter/buffer
- CMOS to DTL/TTL hex converter
- CMOS current "sink" or "source" driver
- CMOS HIGH-to-LOW logic level converter

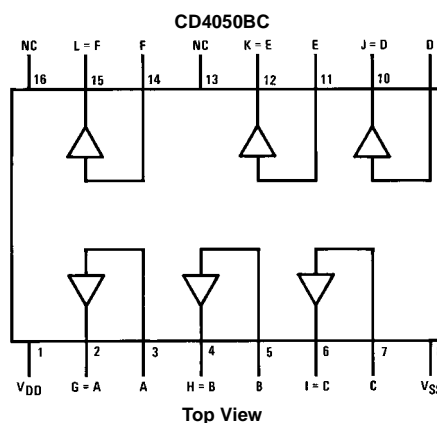
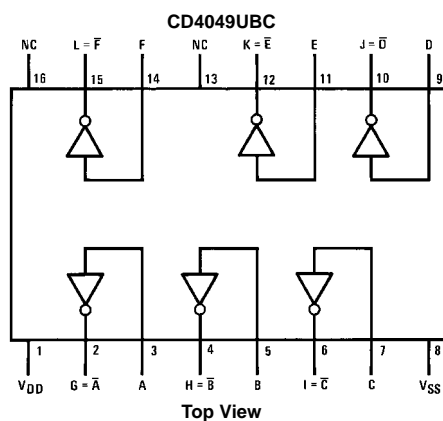
#### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4049UBCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4049UBCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4050BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4050BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

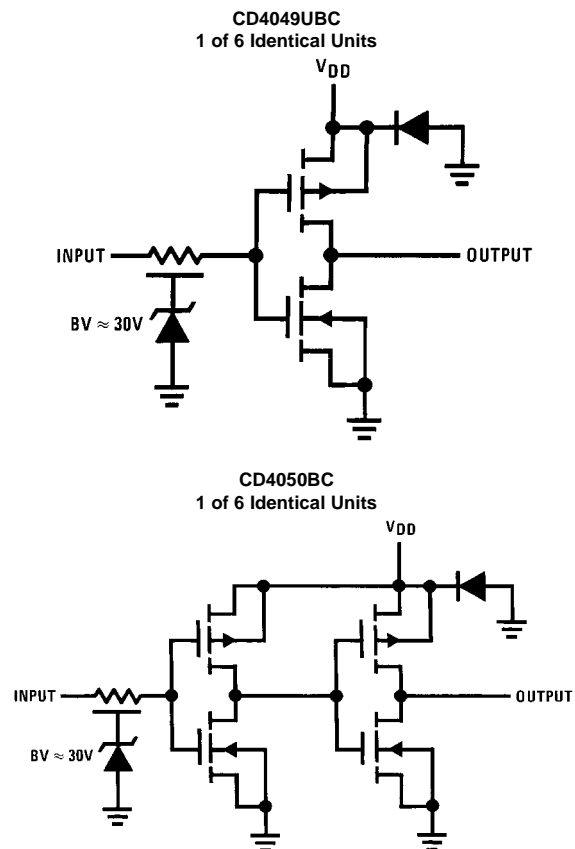
Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

#### Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP



## Schematic Diagrams



**Absolute Maximum Ratings**(Note 1)

(Note 2)

Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	–0.5V to +18V
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	–0.5V to +18V
Voltage at Any Output Pin ( $V_{OUT}$ )	–0.5V to $V_{DD} + 0.5V$
Storage Temperature Range ( $T_S$ )	–65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Lead Temperature ( $T_L$ )	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

**Recommended Operating Conditions** (Note 2)

Supply Voltage ( $V_{DD}$ )	3V to 15V
Input Voltage ( $V_{IN}$ )	0V to 15V
Voltage at Any Output Pin ( $V_{OUT}$ )	0 to $V_{DD}$
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	
CD4049UBC, CD4050BC	–40°C to +85°C

**Note 1:** "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed; they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Recommended Operating Conditions" and "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

**Note 2:**  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

**DC Electrical Characteristics** (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	–40°C		+25°C			+85°C		Units
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
$I_{DD}$	Quiescent Device Current	$V_{DD} = 5V$		4		0.03	4.0		30	$\mu A$
		$V_{DD} = 10V$		8		0.05	8.0		60	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V$		16		0.07	16.0		120	$\mu A$
$V_{OL}$	LOW Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}$ , $V_{IL} = 0V$ , $ I_O  < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 10V$		0.05		0	0.05		0.05	V
		$V_{DD} = 15V$		0.05		0	0.05		0.05	V
$V_{OH}$	HIGH Level Output Voltage	$V_{IH} = V_{DD}$ , $V_{IL} = 0V$ , $ I_O  < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$	4.95		4.95	5		4.95		V
		$V_{DD} = 10V$	9.95		9.95	10		9.95		V
		$V_{DD} = 15V$	14.95		14.95	15		14.95		V
$V_{IL}$	LOW Level Input Voltage (CD4050BC Only)	$ I_O  < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$ , $V_O = 0.5V$		1.5		2.25	1.5		1.5	V
		$V_{DD} = 10V$ , $V_O = 1V$		3.0		4.5	3.0		3.0	V
		$V_{DD} = 15V$ , $V_O = 1.5V$		4.0		6.75	4.0		4.0	V
$V_{IL}$	LOW Level Input Voltage (CD4049UBC Only)	$ I_O  < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$ , $V_O = 4.5V$		1.0		1.5	1.0		1.0	V
		$V_{DD} = 10V$ , $V_O = 9V$		2.0		2.5	2.0		2.0	V
		$V_{DD} = 15V$ , $V_O = 13.5V$		3.0		3.5	3.0		3.0	V
$V_{IH}$	HIGH Level Input Voltage (CD4050BC Only)	$ I_O  < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$ , $V_O = 4.5V$	3.5		3.5	2.75		3.5		V
		$V_{DD} = 10V$ , $V_O = 9V$	7.0		7.0	5.5		7.0		V
		$V_{DD} = 15V$ , $V_O = 13.5V$	11.0		11.0	8.25		11.0		V
$V_{IH}$	HIGH Level Input Voltage (CD4049UBC Only)	$ I_O  < 1 \mu A$								
		$V_{DD} = 5V$ , $V_O = 0.5V$	4.0		4.0	3.5		4.0		V
		$V_{DD} = 10V$ , $V_O = 1V$	8.0		8.0	7.5		8.0		V
		$V_{DD} = 15V$ , $V_O = 1.5V$	12.0		12.0	11.5		12.0		V
$I_{OL}$	LOW Level Output Current (Note 4)	$V_{IH} = V_{DD}$ , $V_{IL} = 0V$								
		$V_{DD} = 5V$ , $V_O = 0.4V$	4.6		4.0	5		3.2		mA
		$V_{DD} = 10V$ , $V_O = 0.5V$	9.8		8.5	12		6.8		mA
		$V_{DD} = 15V$ , $V_O = 1.5V$	29		25	40		20		mA
$I_{OH}$	HIGH Level Output Current (Note 4)	$V_{IH} = V_{DD}$ , $V_{IL} = 0V$								
		$V_{DD} = 5V$ , $V_O = 4.6V$	–1.0		–0.9	–1.6		–0.72		mA
		$V_{DD} = 10V$ , $V_O = 9.5V$	–2.1		–1.9	–3.6		–1.5		mA
		$V_{DD} = 15V$ , $V_O = 13.5V$	–7.1		–6.2	–12		–5		mA
$I_{IN}$	Input Current	$V_{DD} = 15V$ , $V_{IN} = 0V$	–0.3		–0.3	$10^{-5}$			–1.0	$\mu A$
		$V_{DD} = 15V$ , $V_{IN} = 15V$	0.3		0.3	$10^{-5}$			1.0	$\mu A$

**Note 3:**  $V_{SS} = 0V$  unless otherwise specified.

**DC Electrical Characteristics** (Continued)

**Note 4:** These are peak output current capabilities. Continuous output current is rated at 12 mA maximum. The output current should not be allowed to exceed this value for extended periods of time.  $I_{OL}$  and  $I_{OH}$  are tested one output at a time.

**AC Electrical Characteristics** (Note 5)

CD4049UBC

 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $C_L = 50\text{ pF}$ ,  $R_L = 200\text{ k}\Omega$ ,  $t_r = t_f = 20\text{ ns}$ , unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	65	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		20	40	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		15	30	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		45	85	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		25	45	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		20	35	ns
$t_{THL}$	Transition Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	60	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		20	40	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		15	30	ns
$t_{TLH}$	Transition Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	120	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		30	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		25	45	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance	Any Input		15	22.5	pF

**Note 5:** AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

**AC Electrical Characteristics** (Note 6)

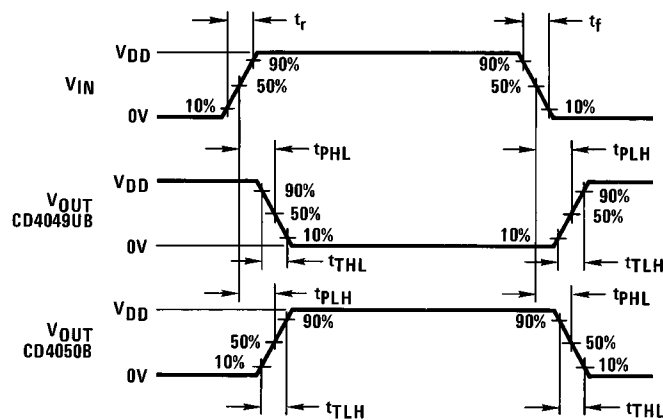
CD4050BC

 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $C_L = 50\text{ pF}$ ,  $R_L = 200\text{ k}\Omega$ ,  $t_r = t_f = 20\text{ ns}$ , unless otherwise specified

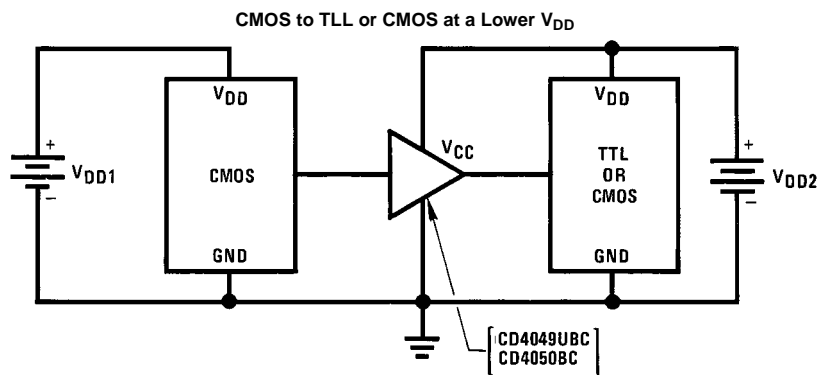
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{PHL}$	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	110	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		25	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		20	30	ns
$t_{PLH}$	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	120	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		30	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		25	45	ns
$t_{THL}$	Transition Time HIGH-to-LOW Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	60	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		20	40	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		15	30	ns
$t_{TLH}$	Transition Time LOW-to-HIGH Level	$V_{DD} = 5\text{V}$		60	120	ns
		$V_{DD} = 10\text{V}$		30	55	ns
		$V_{DD} = 15\text{V}$		25	45	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance	Any Input		5	7.5	pF

**Note 6:** AC Parameters are guaranteed by DC correlated testing.

## Switching Time Waveforms



## Typical Applications

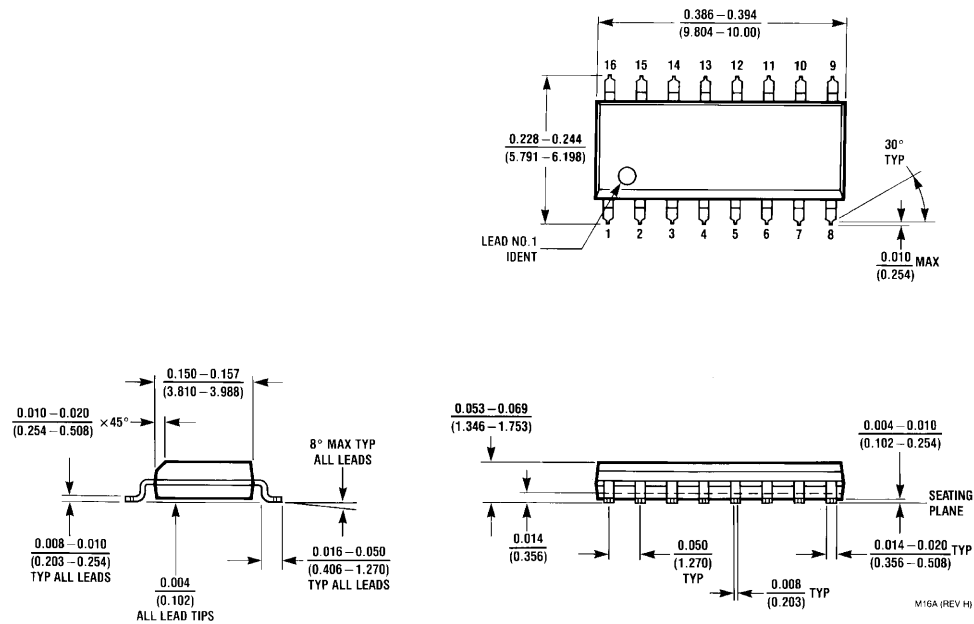


$$V_{DD1} \geq V_{DD2}$$

In the case of the CD4049UBC the output drive capability increases with increasing input voltage.  
E.g., If  $V_{DD1} = 10V$  the CD4049UBC could drive 4 TTL loads.

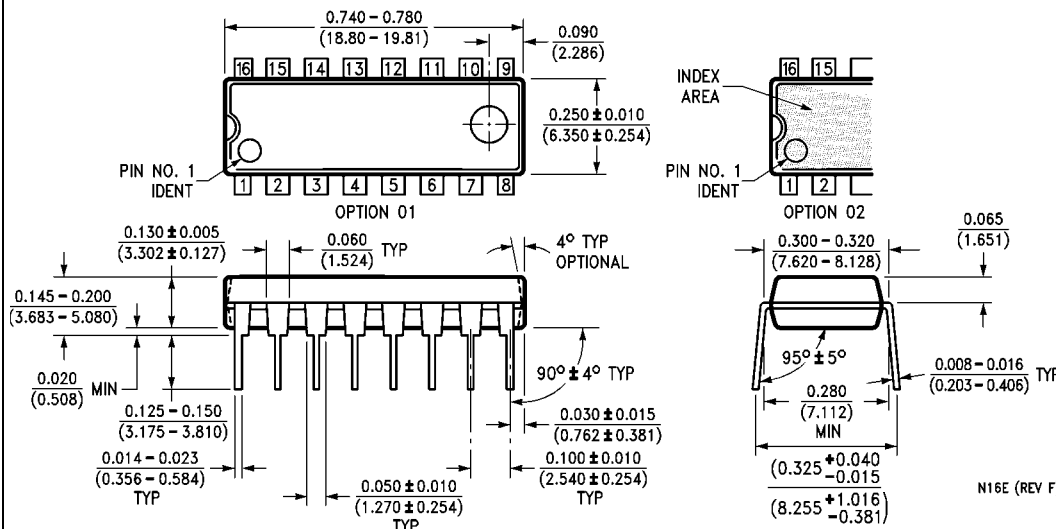


# Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow  
Package Number M16A

# Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide  
Package Number N16E

## LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

# Mouser Electronics

Authorized Distributor

Click to View Pricing, Inventory, Delivery & Lifecycle Information:

[ON Semiconductor:](#)

[CD4050BCN](#) [CD4050BCM](#)

# Tactile Switch B3F

## Miniature, Space-Saving Tactile Switch Provides Long Service Life and Easy Mounting





- Extended mechanical/electrical service life:  $10 \times 10^6$  operations for 12 x 12 mm type and  $1 \times 10^6$  operations for the 6 x 6 mm type
- Ideal for applications such as audio, office and communications equipment, measuring instruments, TVs, VCRs, etc.
- Taped radial type, vertical type and high force types are available as series versions
- Flux-tight base structure allows automatic soldering of the tactile switches onto a PC board
- Gold plated models available for increased contact reliability, resistance to corrosive gas and insulation fault prevention for ion migration in harsh environments
- RoHS Compliant



## Ordering Information

### ■ B3F-1□□□, B3F-3□□□

#### 6 x 6 mm type


Type	Plunger	Switch height x pitch	Operating force	Model			
				Without ground terminal		With ground terminal	
				Bags	Sticks*	Bags	Sticks*
Standard		4.3 x 6.5 mm	General-purpose: 100 g	B3F-1000	B3F-1000S	B3F-1100	B3F-1100S
			150 g	B3F-1002	B3F-1002S	B3F-1102	B3F-1102S
			High-force: 260 g	B3F-1005	B3F-1005S	B3F-1105	B3F-1105S
		5.0 x 6.5 mm	General-purpose: 100 g	B3F-1020	B3F-1020S	B3F-1120	B3F-1120S
			150 g	B3F-1022	B3F-1022S	B3F-1122	B3F-1122S
			High-force: 260 g	B3F-1025	B3F-1025S	B3F-1125	B3F-1125S
		5.0 x 7.5 mm	General-purpose: 100 g	—	—	B3F-1110	—
			General-purpose: 100 g	B3F-1050	B3F-1050S	B3F-1150	B3F-1150S
			150 g	B3F-1052	B3F-1052S	B3F-1152	B3F-1152S
Vertical		3.15 mm	General-purpose: 100 g	—	—	B3F-3100	—
			150 g	—	—	B3F-3102	—
			High-force: 260 g	—	—	B3F-3105	—
		3.85 mm	General-purpose: 100 g	—	—	B3F-3120	—
			150 g	—	—	B3F-3122	—
			High-force: 260 g	—	—	B3F-3125	—
		6.15 mm	General-purpose: 100 g	—	—	B3F-3150	—
			150 g	—	—	B3F-3152	—
			High-force: 260 g	—	—	B3F-3155	—

\* Number of switches per stick:      Without ground terminal ..... 90/stick  
    With ground terminal ..... 75/stick

**Important Note: Switches cannot be water-washed.**

## ■ B3F-1□□□-G







### 6 x 6 mm type with Gold Plating

Type	Plunger	Switch height x pitch	Form of shipment operating force	Model	
				Without ground terminal	With ground terminal
				Bags (100 Switches)	
6 x 6 mm switches with gold plating		4.3 x 6.5 mm	176 g	B3F-1002-G	B3F-1102-G
		5.0 x 6.5 mm		B3F-1022-G	B3F-1122-G

**Note:** The minimum order is 100 Switches. Order in multiples of the minimum order.

## ■ B3F-4□□□, B3F-5□□□

### 12 x 12 mm type



Type	Plunger	Switch height x pitch	Operating force	Model			
				Without ground terminal		With ground terminal	
				Bags	Sticks*	Bags	Sticks*
Standard	Flat 	4.3 x 12.5 mm	General-purpose: 130 g	B3F-4000	B3F-4000S	B3F-4100	B3F-4100S
			High-force: 260 g	B3F-4005	B3F-4005S	B3F-4105	B3F-4105S
	Projected 	7.3 x 12.5 mm	General-purpose: 130 g	B3F-4050	B3F-4050S	B3F-4150	B3F-4150S
			High-force: 260 g	B3F-4055	B3F-4055S	B3F-4155	B3F-4155S
Long service life	Flat 	4.3 x 12.5 mm	General-purpose: 130 g	B3F-5000	B3F-5000S	B3F-5100	B3F-5100S
	Projected 	7.3 x 12.5 mm		B3F-5050	B3F-5050S	B3F-5150	B3F-5150S
High reliability gold-plated contact	Flat 	4.3 x 12.5 mm		B3F-5001	B3F-5001S	B3F-5101	B3F-5101S
	Projected 	7.3 x 12.5 mm		B3F-5051	B3F-5051S	B3F-5151	B3F-5151S

\* Number of switches per stick:      Without ground terminal ..... 45/stick  
    With ground terminal ..... 40/stick

**Important Note:** Switches cannot be water-washed.

## ■ B3F-6□□□

### Taped Radial (Auto Insertion) 6 x 6 mm type

Type	Plunger	Switch height x pitch	Operating force	Model	
				Without ground terminal	With ground terminal
B3F-6000	Flat 	4.3 x 6.5 mm	General-purpose: 100 g	<b>B3F-6000</b>	<b>B3F-6100</b>
			High-force: 150 g	<b>B3F-6002</b>	<b>B3F-6102</b>
		5.0 x 6.5 mm	General-purpose: 100 g	<b>B3F-6020</b>	<b>B3F-6120</b>
			High-force: 150 g	<b>B3F-6022</b>	<b>B3F-6122</b>
	Projected 	7.3 x 6.5 mm	General-purpose: 100 g	<b>B3F-6050</b>	<b>B3F-6150</b>
			High-force: 150 g	<b>B3F-6052</b>	<b>B3F-6152</b>

**Note:** The above switches must be ordered in units of 1,000.

**Important Note:** Switches cannot be water-washed.

## ■ Accessories

See “B32” Tactile Switch Key Top data sheet for keycaps that fit projected plunger B3F models.

## ■ Plunger Identification Table

Use this table to determine tactile switch type by plunger color.

Plunger color	Operating force	Type
Light gray	100 g	B3F-1000, 1150, 3100, 6000, 6050
White	100 g	B3F-1050, 1100, 3150, 4000, 4050, 4100
Black	100 g	B3F-1020, 1110, 1120, 3120, 6020, 6120
Blue	130 g	B3F-5000 Series
Yellow	150 g	B3F-1002, 1052, 1102, 3102, 3152, 4005, 4055, 4105, 4155, 6002, 6052
Medium gray	150 g	B3F-1022, 1122, 3122, 6022
Orange	260 g	B3F-1005, 1055, 1105, 3105, 6005, 6055
Pink	260 g	B3F-1025, 1125, 3125, 6025

# Specifications

## ■ Characteristics

	Part Number				
	B3F-1□□□ B3F-3□□□	B3F-4□□□	B3F-5□□□	B3F-6□□□	B3F-1□□□-G
<b>Service life (see note 1) [mechanical/electrical]</b>	1,000,000 operations minimum	3,000,000 operations minimum	10,000,000 operations minimum	1,000,000 (300,000) operations min.	300,000 operations min.
<b>Weight (see note 2)</b>	Approx. 0.25 g	Approx. 0.85 g		Approx. 0.25 g	
<b>Contact form</b>	SPST-NO				SPST-NO
<b>Switching capacity</b>	1 to 50 mA, 5 to 24 VDC (resistive load)				100 $\mu$ A to 50 mA, 5 to 24 VDC (resistive load)
<b>Contact resistance</b>	100 M $\Omega$ max.				100 M $\Omega$ max. (initial value) (rated: 100 $\mu$ A, 5 VDC)
<b>Insulation resistance</b>	100 M $\Omega$ min. (at 250 VDC)				
<b>Dielectric strength</b>	500 VAC, 50/60 Hz for 1 minute				
<b>Bounce time</b>	5 ms max.				
<b>Vibration</b>	Malfunction durability: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude				Malfunction: 10 to 55 Hz, 1.5 mm double amplitude for 30 to 60 s
<b>Shock</b>	Mechanical durability: 1,000 m/s <sup>2</sup> (approx. 100 G) Malfunction durability: 100 m/s <sup>2</sup> (approx. 10 G)				Destruction: 1,000 m/s <sup>2</sup> max.
<b>Ambient temperature</b>	-25° to 70°C (with no icing)				
<b>Humidity</b>	35% to 85% RH				35% to 85%

**Note:** 1. Figure in parentheses denotes the service life of high force type.

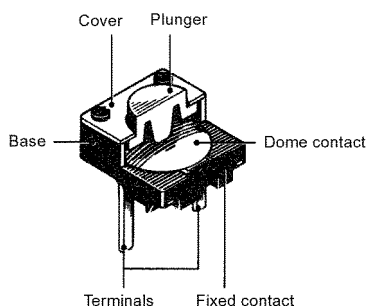
2. Denotes the weight of standard type.

3. Data shown are of initial value.

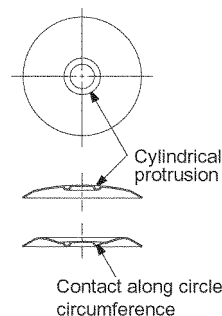
## ■ Operating Characteristics

Characteristics	Part Number						
	B3F-1□□□ / -3□□□		B3F-4□□□ / -5□□□		B3F-6□□□		B3F-1□□□-G
	General purpose type	High force type	General purpose type	High force type	General purpose type	High force type	General purpose type
<b>Operating force (OF)</b>	100 $\pm$ 30 g	150 $\pm$ 50 g	130 $\pm$ 50 g	260 $\pm$ 70 g	100 $\pm$ 30 g	150 $\pm$ 50 g	1.76 $\pm$ 0.49 N
<b>Release force (RF) min.</b>	20 g	50 g	30 g	50 g	20 g	50 g	0.49 N
<b>Pretravel (PT) max.</b>	0.25 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm	0.25 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm	0.3 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm	0.3 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm	0.25 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm	0.25 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm	0.25 <sup>+0.2</sup> / <sub>-0.1</sub> mm

## ■ Construction



### B3F-1□□□-G



Contact along circle circumference  
(circular contact)

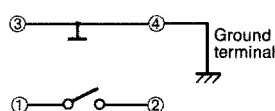
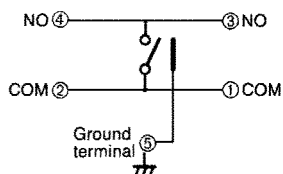
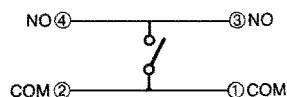
Switches have circular contact surface instead of single center point contact, increasing contact reliability.

## Contact Form

B3F-10□□  
-40□□  
-50□□  
-10□□-G

B3F-11□□  
-41□□  
-51□□  
-11□□-G

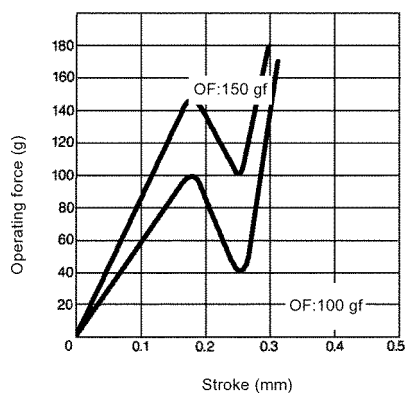
B3F-3□□□



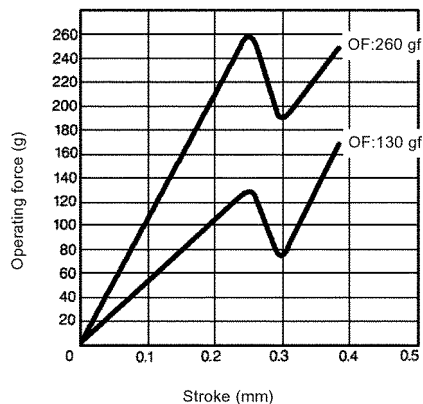
## Engineering Data

### Operating Force vs. Stroke (typical example)

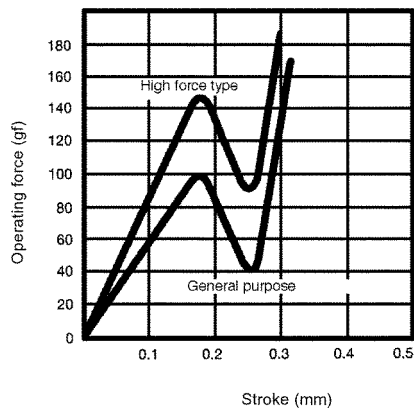
B3F-1□□□/-3□□□



B3F-4□□□/-5□□□



B3F-6□□□

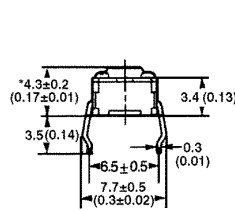
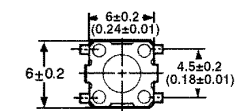




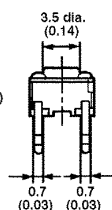
# Dimensions

Unit: mm (inch)

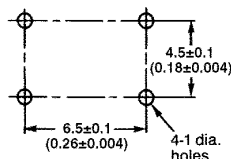
## ■ B3F-1000/-1002/-1005/-1020\*/-1022\*/-1025\*



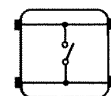
\*Height of B3F-1020/-1022/-1025 is  
5 +0.05  
-0.2 mm



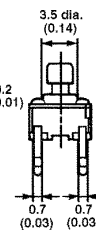
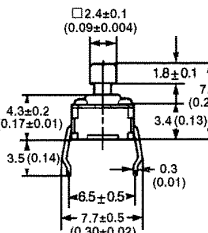
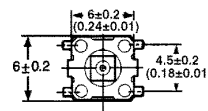
PCB mounting  
(top view)



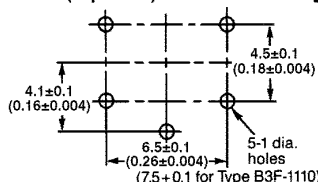
Terminal  
arrangement/  
internal  
connections  
(top view)



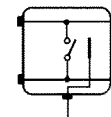
## ■ B3F-1050/-1052/-1055



PCB mounting  
(top view)

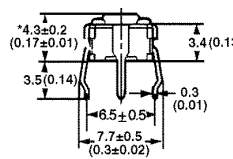
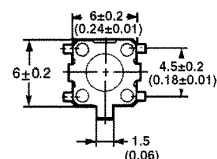


Terminal  
arrangement/  
internal  
connections  
(top view)

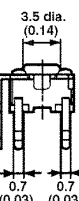


The height of the B3F-1022-G is 5±0.2 mm.

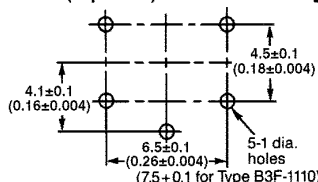
## ■ B3F-1100/-1102/-1105/-1120\*\*/-1122\*\*/-1125\*\*



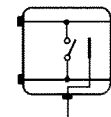
\*\*Height of B3F-1120/-1122/-1125 is  
5 +0.05  
-0.2 mm



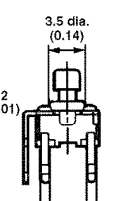
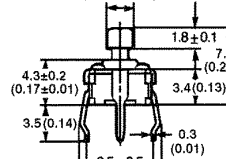
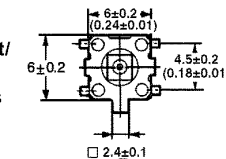
PCB mounting  
(top view)



Terminal  
arrangement/  
internal  
connections  
(top view)



## ■ B3F-1150/-1052/-1055

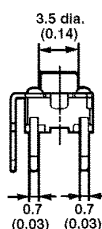
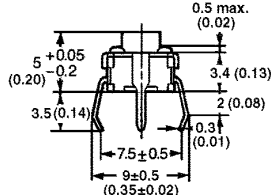
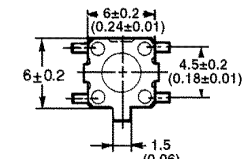


The height of the B3F-1122-G is 5±0.2 mm.

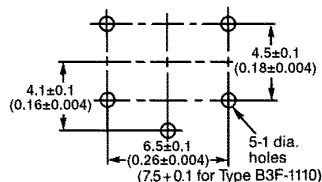
**Note:** Terminal numbers are not indicated on this switch. With the switch turned over so that the logo mark "OMRON" is visible on the upper part of the rear side of the switch base, the terminal on the right of the logo mark is numbered "1" and that on the bottom right is "3." Accordingly, two terminals on the left side are numbered "2" and "4" respectively.

**Note:** Unless otherwise specified, a tolerance of ± 0.4 mm applies to all dimensions.

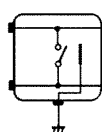
## ■ B3F-1110



PCB mounting  
(top view)



Terminal  
arrangement/  
internal  
connections  
(top view)

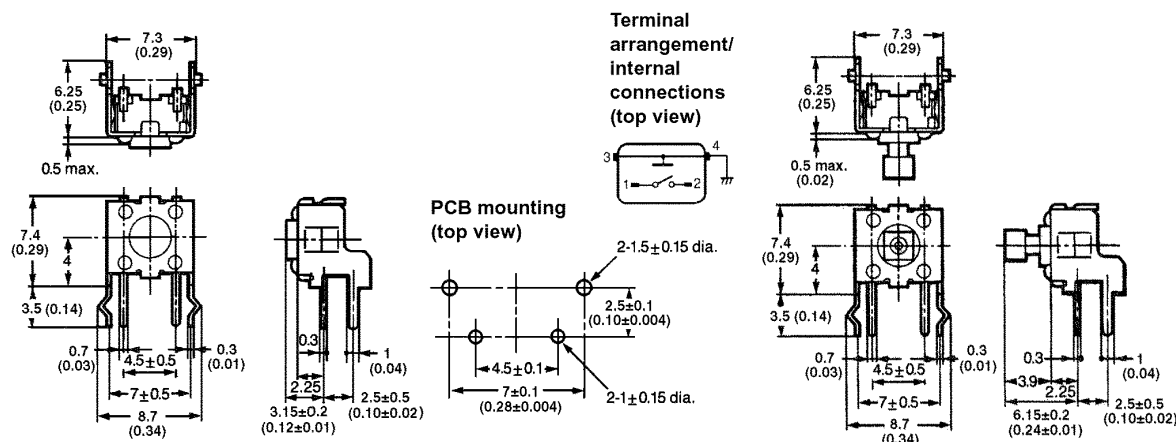


**Note:** Terminal numbers are not indicated on this switch. With the switch turned over so that the logo mark "OMRON" is visible on the upper part of the rear side of the switch base, the terminal on the right of the logo mark is numbered "1" and that on the bottom right is "3." Accordingly, two terminals on the left side are numbered "2" and "4" respectively.

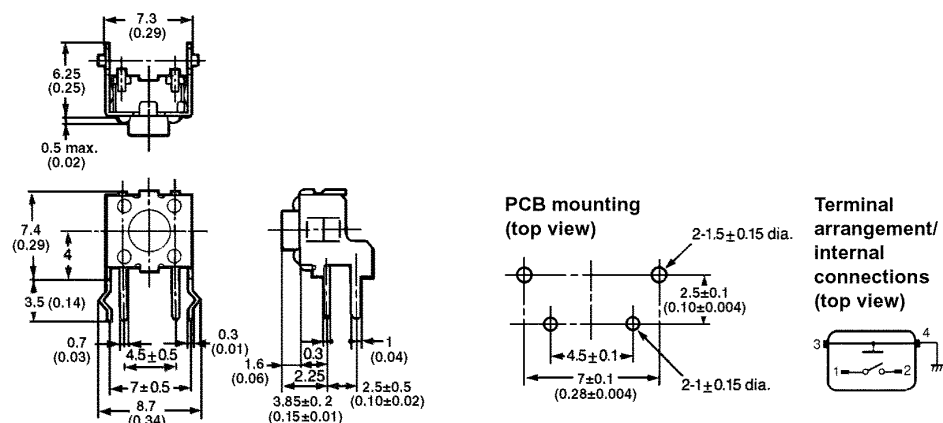
Unit: mm (inch)

## ■ B3F-3100/-3102/-3105

## ■ B3F-3150/-3152/-3155



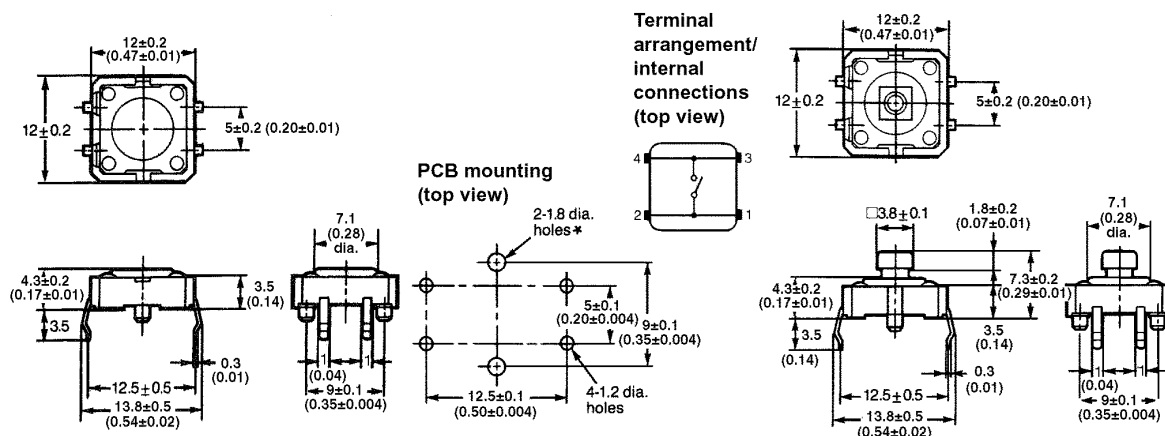
## ■ B3F-3120/-3122/-3125



**Note:** Unless otherwise specified, a tolerance of  $\pm 0.4$  mm applies to all dimensions.

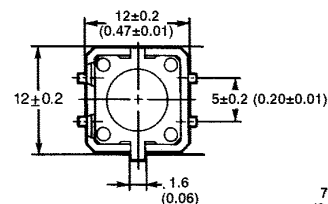
## ■ B3F-4000/-5000/-4005/-5001

## ■ B3F-4050/-5050/-4055/-5051

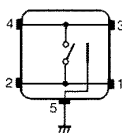


\* Fit the projection of the switch into this hole to secure the switch.

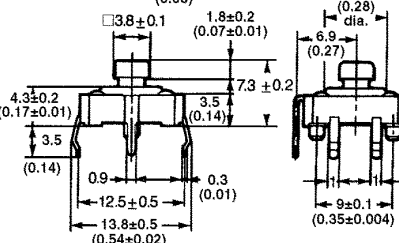
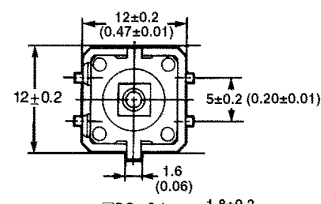
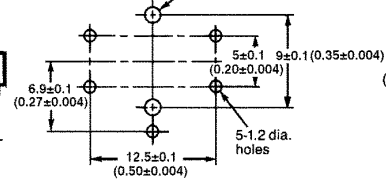
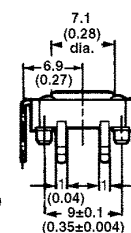
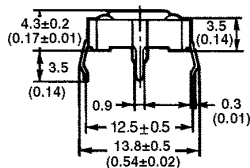
## ■ B3F-4101/-5100/-4105/-5101



Terminal arrangement/  
internal  
connections  
(top view)

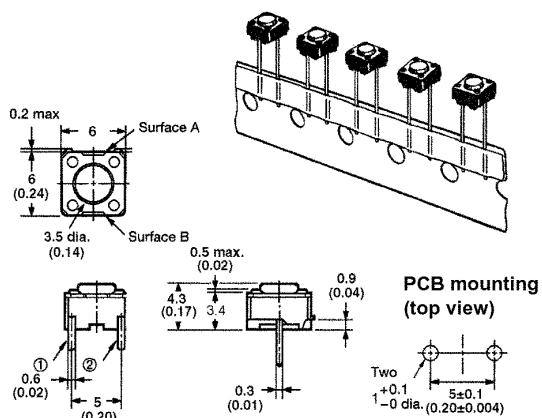


PCB mounting  
(top view)

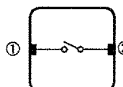


\* Fit the projection of the switch into this hole to secure the switch.

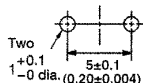
## ■ B3F-6000/-6002



Terminal arrangement/  
internal  
connections  
(top view)



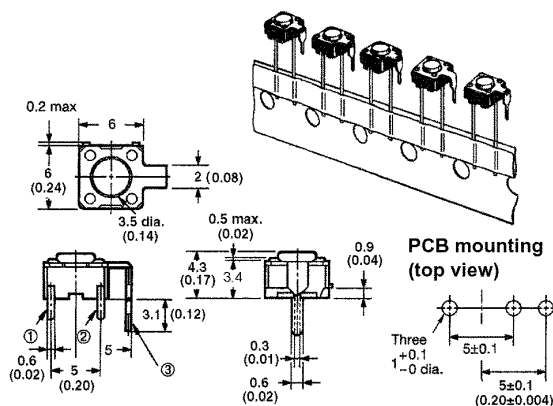
PCB mounting  
(top view)



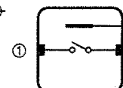
**Note:** The tape is random between surface A and surface B.

Unit: mm (inch)

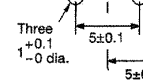
## ■ B3F-6100/-6102



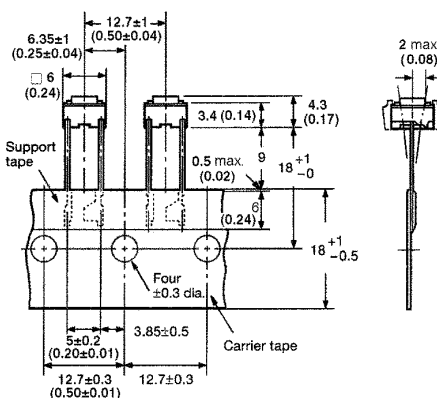
Terminal arrangement/  
internal  
connections  
(top view)



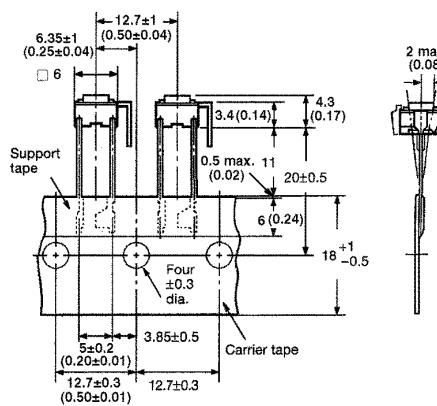
PCB mounting  
(top view)



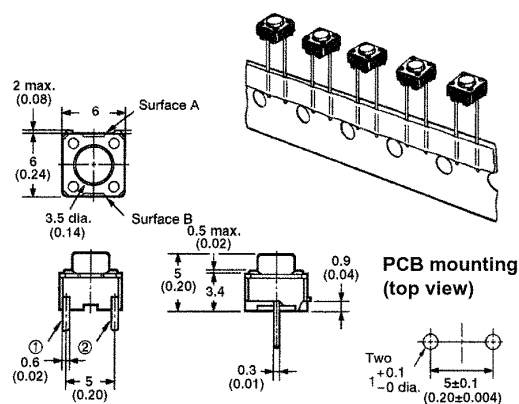
## ■ Tape-Packaging Dimensions



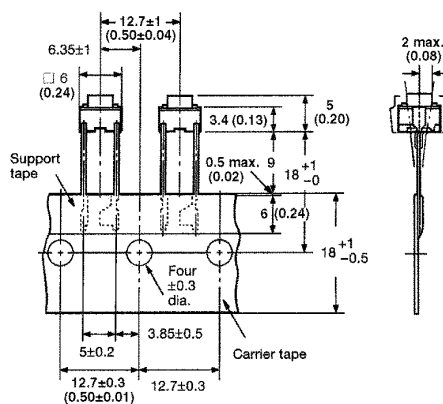
## ■ Tape-Packaging Dimensions



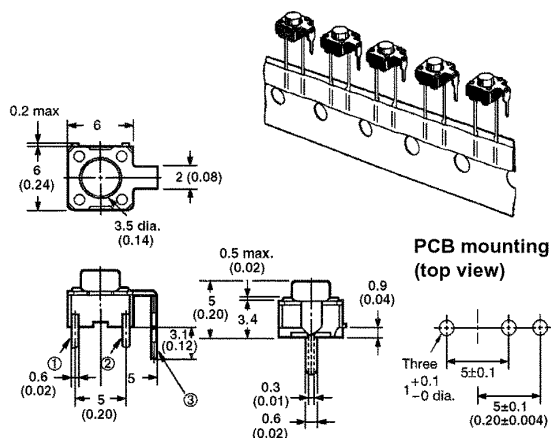
## ■ B3F-6020/-6022



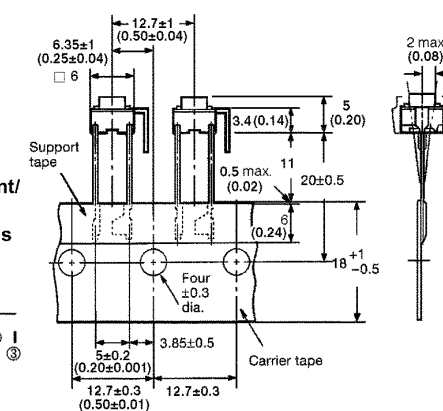
## ■ Tape-Packaging Dimensions



## ■ B3F-6120/-6122

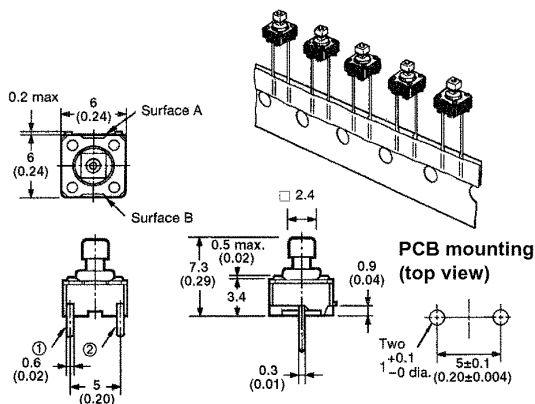


## ■ Tape-Packaging Dimensions

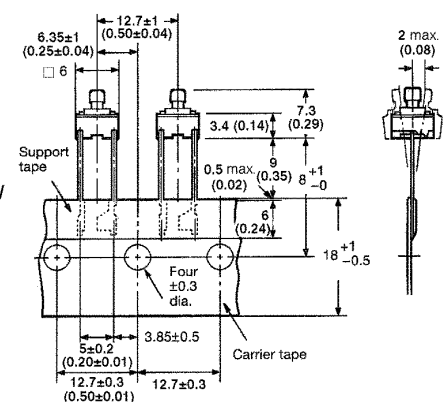


**Note:** Unless otherwise specified, a tolerance of  $\pm 0.4$  mm applies to all dimensions.

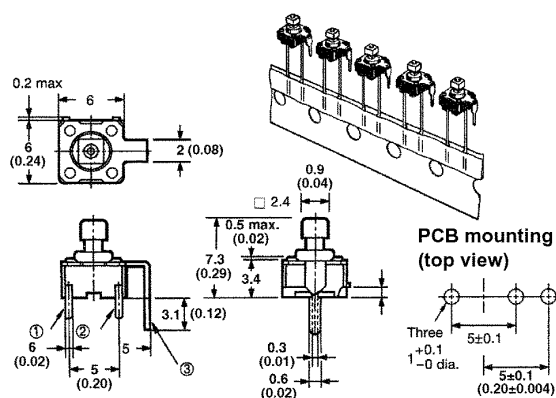
## ■ B3F-6050/-6052



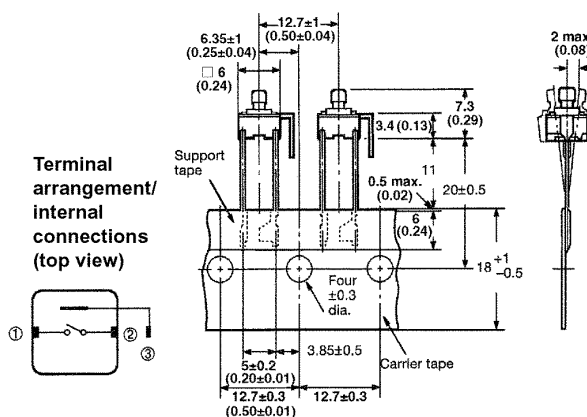
## ■ Tape-Packaging Dimensions



■ B3F-6150/-6152



## ■ Tape-Packaging Dimensions

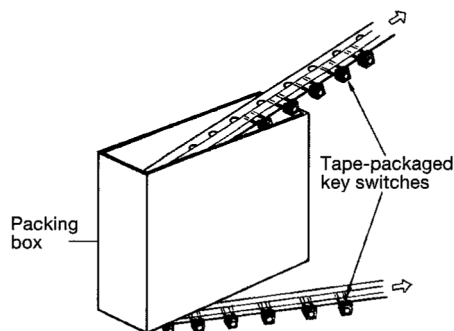
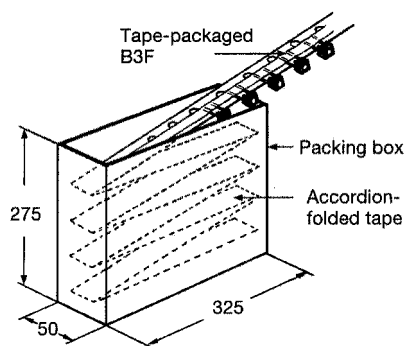


**Note:** Unless otherwise specified, a tolerance of  $\pm 0.4$  mm applies to all dimensions.

## Hints on Correct Use

## ■ Taped Radial (Auto Insertion) Packaging

- Tactile switches packed on tape are placed into packing boxes as shown below.
- Number of switches per box: 1,000
- Tape may be drawn from the box either from the top or from the bottom.

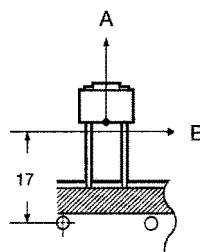


## ■ Taping Strength

The tactile switches will not release from the tape when pulled in directions A and B at the following forces.

A: 500 g

B: 100 g



# Terms and Conditions of Sale

1. Offer; Acceptance. These terms and conditions (these "Terms") are deemed part of all quotations, acknowledgments, invoices, purchase orders and other documents, whether electronic or in writing, relating to the sale of products or services (collectively, the "Products") by Omron Electronic Components LLC ("Seller"). Seller hereby objects to any terms or conditions proposed in Buyer's purchase order or other documents which are inconsistent with, or in addition to, these Terms.
2. Prices; Payment. All prices stated are current, subject to change without notice by Seller. Buyer agrees to pay the price in effect at time of shipment. Payments for Products received are due net 30 days unless otherwise stated in the invoice.
3. Discounts. Cash discounts, if any, will apply only on the net amount of invoices sent to Buyer after deducting transportation charges, taxes and duties, and will be allowed only if (i) the invoice is paid according to Seller's payment terms and (ii) Buyer has no past due amounts owing to Seller.
4. Currencies. If the prices quoted herein are in a currency other than U.S. dollars, Buyer shall make remittance to Seller at the then current exchange rate most favorable to Seller and which is available on the due date; provided that if remittance is not made when due, Buyer will convert the amount to U.S. dollars at the then current exchange rate most favorable to Seller available during the period between the due date and the date remittance is actually made.
5. Governmental Approvals. Buyer shall be responsible for, and shall bear all costs involved in, obtaining any government approvals required for the importation or sale of the Products.
6. Taxes. All taxes, duties and other governmental charges (other than general real property and income taxes), including any interest or penalties thereon, imposed directly or indirectly on Seller or required to be collected directly or indirectly by Seller for the manufacture, production, sale, delivery, importation, consumption or use of the Products sold hereunder (including customs duties and sales, excise, use, turnover and license taxes) shall be charged to and remitted by Buyer to Seller.
7. Financial. If the financial position of Buyer at any time becomes unsatisfactory to Seller, Seller reserves the right to stop shipments or require satisfactory security or payment in advance. If Buyer fails to make payment or otherwise comply with these Terms or any related agreement, Seller may (without liability and in addition to other remedies) cancel any unshipped portion of Products sold hereunder and stop any Products in transit until Buyer pays all amounts, including amounts payable hereunder, whether or not then due, which are owing to it by Buyer. Buyer shall in any event remain liable for all unpaid accounts.
8. Cancellation; Etc. Orders are not subject to rescheduling or cancellation unless Buyer indemnifies Seller fully against all costs or expenses arising in connection therewith.
9. Force Majeure. Seller shall not be liable for any delay or failure in delivery resulting from causes beyond its control, including earthquakes, fires, floods, strikes or other labor disputes, shortage of labor or materials, accidents to machinery, acts of sabotage, riots, delay in or lack of transportation or the requirements of any government authority.
10. Shipping; Delivery. Unless otherwise expressly agreed in writing by Seller:
  1. Shipments shall be by a carrier selected by Seller;
  2. Such carrier shall act as the agent of Buyer and delivery to such carrier shall constitute delivery to Buyer;
  3. All sales and shipments of Products shall be FOB shipping point (unless otherwise stated in writing by Seller), at which point title to and all risk of loss of the Products shall pass from Seller to Buyer, provided that Seller shall retain a security interest in the Products until the full purchase price is paid by Buyer;
  4. Delivery and shipping dates are estimates only.
  5. Seller will package Products as it deems proper for protection against normal handling and extra charges apply to special conditions.
11. Claims. Any claim by Buyer against Seller for shortage or damage to the Products occurring before delivery to the carrier must be presented in writing to Seller within 30 days of receipt of shipment and include the original transportation bill signed by the carrier noting that the carrier received the Products from Seller in the condition claimed.
12. Warranties. (a) Exclusive Warranty. Seller's exclusive warranty is that the Products will be free from defects in materials and workmanship for a period of twelve months from the date of sale by Seller (or such other period expressed in writing by Seller). Seller disclaims all other warranties, express or implied. (b) Limitations. SELLER MAKES NO WARRANTY OR REPRESENTATION, EXPRESS OR IMPLIED, ABOUT NON-INFRINGEMENT, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OF THE PRODUCTS. BUYER ACKNOWLEDGES THAT IT ALONE HAS DETERMINED THAT THE PRODUCTS WILL SUITABLY MEET THE REQUIREMENTS OF THEIR INTENDED USE. Seller further disclaims all warranties and responsibility of any type for claims or expenses based on infringement by the Products or otherwise of any intellectual property right. (c) Buyer Remedy. Seller's sole obligation hereunder shall be to replace (in the form originally shipped with Buyer responsible for labor charges for removal or replacement thereof) the non-complying Product or, at Seller's election, to repay or credit Buyer an amount equal to the purchase price of the Product; provided that in no event shall Seller be responsible for warranty, repair, indemnity or any other claims or expenses regarding the Products unless Seller's analysis confirms that the Products were properly handled, stored, installed and maintained and not subject to contamination, abuse, misuse or inappropriate modification. Return of any Products by Buyer must be approved in writing by Seller before shipment. Seller shall not be liable for the suitability or unsuitability or the results from the use of Products in combination with any electrical or electronic components, circuits, system assemblies, or any other materials or substances or environments. Any advice, recommendations or information given orally or in writing are not to be construed as an amendment or addition to the above warranty.
13. Limitation on Liability; Etc. SELLER SHALL NOT BE LIABLE FOR SPECIAL, INDIRECT, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, LOSS OF PROFITS OR PRODUCTION OR COMMERCIAL LOSS IN ANY WAY CONNECTED WITH THE PRODUCTS, WHETHER SUCH CLAIM IS BASED IN CONTRACT, WARRANTY, NEGLIGENCE OR STRICT LIABILITY. Further, in no event shall liability of Seller exceed the individual price of the Product on which liability is asserted.
14. Indemnities. Buyer shall indemnify and hold harmless Seller, its affiliates and its employees from and against all liabilities, losses, claims, costs and expenses (including attorney's fees and expenses) related to any claim, investigation, litigation or proceeding (whether or not Seller is a party) which arises or is alleged to arise from Buyer's acts or omissions under these Terms or in any way with respect to the Products. Without limiting the foregoing, Buyer (at its own expense) shall indemnify and hold harmless Seller and defend or settle any action brought against Seller to the extent that it is based on a claim that any Product made to Buyer specifications infringed intellectual property rights of another party.
15. Property; Confidentiality. The intellectual property embodied in the Products is the exclusive property of Seller and its affiliates and Buyer shall not attempt to duplicate it in any way without the written permission of Seller. Notwithstanding any charges to Buyer for engineering or tooling, all engineering and tooling shall remain the exclusive property of Seller. All information and materials supplied by Seller to Buyer relating to the Products are confidential and proprietary, and Buyer shall limit distribution thereof to its trusted employees and strictly prevent disclosure to any third party.
16. Miscellaneous. (a) Waiver. No failure or delay by Seller in exercising any right and no course of dealing between Buyer and Seller shall operate as a waiver of rights by Seller. (b) Assignment. Buyer may not assign its rights hereunder without Seller's written consent. (c) Law. These Terms are governed by Illinois law (without regard to conflict of law principles). Federal and state courts in Illinois shall have exclusive jurisdiction for any dispute hereunder. (d) Amendment. These Terms constitute the entire agreement between Buyer and Seller relating to the Products, and no provision may be changed or waived unless in writing signed by the parties. (e) Severability. If any provision hereof is rendered ineffective or invalid, such provision shall not invalidate any other provision. (f) Setoff. Buyer shall have no right to set off any amounts against the amount owing in respect of this invoice. (g) Definitions. As used herein, "including" means "including without limitation".

# Certain Precautions on Specifications and Use

1. **Suitability for Use.** Seller shall not be responsible for conformity with any standards, codes or regulations which apply to the combination of the Product in Buyer's application or use of the Product. At Buyer's request, Seller will provide applicable third party certification documents identifying ratings and limitations of use which apply to the Product. This information by itself is not sufficient for a complete determination of the suitability of the Product in combination with the end product, machine, system, or other application or use. Buyer shall be solely responsible for determining appropriateness of the particular Product with respect to Buyer's application, product or system. Buyer shall take application responsibility in all cases but the following is a non-exhaustive list of applications for which particular attention must be given:
  - (i) Outdoor use, uses involving potential chemical contamination or electrical interference, or conditions or uses not described in this document.
  - (ii) Energy control systems, combustion systems, railroad systems, aviation systems, medical equipment, amusement machines, vehicles, safety equipment, and installations subject to separate industry or government regulations.
  - (iii) Use in consumer products or any use in significant quantities.
  - (iv) Systems, machines and equipment that could present a risk to life or property. Please know and observe all prohibitions of use applicable to this product.

NEVER USE THE PRODUCT FOR AN APPLICATION INVOLVING SERIOUS RISK TO LIFE OR PROPERTY WITHOUT ENSURING THAT THE SYSTEM AS A WHOLE HAS BEEN DESIGNED TO ADDRESS THE RISKS, AND THAT THE OMRON PRODUCT IS PROPERLY RATED AND INSTALLED FOR THE INTENDED USE WITHIN THE OVERALL EQUIPMENT OR SYSTEM.
2. **Programmable Products.** Seller shall not be responsible for the user's programming of a programmable product, or any consequence thereof.
3. **Performance Data.** Performance data given in this publication is provided as a guide for the user in determining suitability and does not constitute a warranty. It may represent the result of Seller's test conditions, and the users must correlate it to actual application requirements. Actual performance is subject to Seller's Warranty and Limitations of Liability.
4. **Change in Specifications.** Product specifications and accessories may be changed at any time based on improvements and other reasons. It is our practice to change part numbers when published ratings or features are changed or when significant construction changes are made. However, some specifications of the Product may be changed without any notice. When in doubt, special part numbers may be assigned to fix or establish key specifications for your application. Please consult with your Seller representative at any time to confirm actual specifications of purchased Product.
5. **Errors and Omissions.** The information in this publication has been carefully checked and is believed to be accurate; however, no responsibility is assumed for clerical, typographical or proofreading errors, or omissions.
6. **RoHS Compliance.** Where indicated, our products currently comply, to the best of our knowledge as of the date of this publication, with the requirements of the European Union's Directive on the Restriction of certain Hazardous Substances ("RoHS"), although the requirements of RoHS do not take effect until July 2006. These requirements may be subject to change. Please consult our website for current information.

Complete "Terms and Conditions of Sale" for product purchase and use are on Omron's website at [www.components.omron.com](http://www.components.omron.com) – under the "About Us" tab, in the Legal Matters section.

**ALL DIMENSIONS SHOWN ARE IN MILLIMETERS.**

To convert millimeters into inches, multiply by 0.03937. To convert grams into ounces, multiply by 0.03527.

**OMRON**

**OMRON ELECTRONIC  
COMPONENTS LLC**

55 E. Commerce Drive, Suite B  
Schaumburg, IL 60173

**847-882-2288**

**OMRON CANADA, INC.**

885 Milner Avenue  
Toronto, Ontario M1B 5V8

**416-286-6465**

**OMRON ON-LINE**

Global - <http://www.omron.com>

USA - <http://www.components.omron.com>

Canada - <http://www.omron.ca>



## Specification Approval Sheet

**Name :** Polymer Lithium-Ion Battery

**Model :** CELLEVIA BATTERIES LP903759

**SPEC :** 3.7V/ 2200mAh

**Number:** 903759

### Specification Modification Records

Modification Time	Descriptions	Issued Date	Approved By
	Release 1	2016-06-23	

Content

#### 1.Scope:

This specification describes the Product Specification of chargeable Polymer Lithium-Ion Battery produced by CELLEVIA BATTERIES

**Any copies are invalid without our company's approval**



## 2.Model :

### 3.Cell parameters Index:

#### 3.1 Single cell parameters

No.	Item	Spec	Note
1	<b>Model Number</b>	903759 / 550mAh	
2	<b>Charge Limited Voltage</b>	4.2V	
3	<b>Nominal Voltage</b>	3.7V	Cell Voltage between 3.6V ~3.9V before shipping
4	<b>Nominal Capacity</b>	2200mAh@ 0.2C Discharge	Nominal Capacity refer to the capacity of 0.2C discharge with 2.75V cut-off voltage, after charging with standard method.
5	<b>Cycle Life</b>	300 Times	One cycle refer to one charge period and then one discharge period. Test condition: Charge: 0.2C to 4.2V Discharge: 0.2C to 2.75V The cycle life is the cycle times when the discharge capacity is about 80% of the rated capacity.
6	<b>Self-discharge</b>	Residual Capacity>90%	After standard charging, storied at 25°C±0.5°C for 30 days, then measure the capacity as item 4.
7	<b>Impedance</b>	Typical: 52mΩ	After standard charging, measure the internal resistance with AC1KHz
8	<b>Max. Charge Current</b>	1C	
9	<b>Max. Discharge Current</b>	1C	
10	<b>Discharge Cut-off Voltage</b>	2.75V	
11	<b>Operating Temperature</b>	Discharge:-10°C ~ +55°C Charge: 0 °C ~ +43°C	Cells must be storied at 3.6V-3.9V. During long period storage, cells should be maintained every 90 days. The method is to do a charge-discharge cycle with standard method, then charge to 3.7—3.9V.
12	<b>Storage Temperature</b>	-20 °C ~+45°C	
13	<b>Cell Weight</b>	Approx: 44g	
14	<b>Cell Dimension</b>	Length: 59.5mm Max Width: 37.5mm Max Thickness: 9.5mm Max	Measured with weighting 300gf at 25°C±0.5°C Not including Tabs
15	<b>Connector type</b>	JST SYP-02T-1 + socket	

## 3.2 Parameters of battery

No.	Items	Spec.	Notes
1	<b>Rated Capacity</b>	2200mAh	@ 0.2C mA discharging
2	<b>Nominal Voltage</b>	3.7V	The average value of voltage during the discharge period (with standard charge and discharge).
3	<b>Assemblage Dimension</b>	Length: 59.5mm Max Width: 37.5mm Max Thickness: 9.5mm Max	Measured with weighting 300gf at 25°C±0.5°C Not including battery drawing line.

**Note:** if the battery is in series, the internal resistance of PTC will change according to the temperature.

## 4. Electronic Characteristics test and inspection:

### 4.1 Standard testing environment

Unless special stated, tests should be done within one month of delivery and the charging-recharging times is less than 5 times. The following is test conditions: Ambient Temperature: 25°C±0.5°C

Ambient Humidity: 65 ±20%

### 4.2 The requirement of measure instrument

- (1) The measure instrument is passed tested by qualified institute.
- (2) The accuracy of the size instrument is not more than 0.01mm.
- (3) The accuracy of multimeter is not less than 0.5%. while measure the voltage, the internal resistance mustn't less than 10KΩ.
- (4) The principal of the internal resistance is 1KHz LCR, the accuracy is 0.2%.
- (5) The internal resistance is changeable, it varies according to the temperature and the charging mode. And it is relevant to the PTC and the length and the Capacity of the drawing line.
- (6) The current accuracy of the battery test system is more than ±0.1%, is obarically accuracy is ±0.5%, timer accuracy is less than ±0.1%.
- (7) The accuracy of the temperature meter is less than ±0.5°C.

### 4.3 Visual inspection

Any visual inspection defects will affect the electronic characteristics, such as cracks, leakage, and flaw, are not inexistence.

### 4.4 Charge/Discharge Methods and Test Conditions

No.	Item	Testing Condition and Method	Note
1	<b>Charging Current</b>	Standard CC: 0.2C Quick CC: 0.5C	
2	<b>Standard Charging</b>	Constant Current Charging at 0.2C to 4.2V. Constant Voltage Charging at 4.2V to cut-off current≤0.05C	
3	<b>Quick Charging</b>	Constant Current Charging at 0.5C to 4.2V. Constant Voltage Charging at 4.2V to cut-off current≤0.05C	
4	<b>Standard Discharge</b>	Constant discharge at 0.2C to cut-off voltage of 2.75V.	
5	<b>Charging Time</b>	Standard charging time : 8 hours Quick charging time: 2.5 hours	
6	<b>Temperature &amp; Humidity</b>	Standard charging: 0°C ~ 43 °C 45~85% RH Quick charging: 10 °C ~ 43 °C 45~85%RH Standard discharging: -10 °C ~ 55 °C 45~85% RH	
7	<b>Open Voltage</b>	3.6~3.9V (Before shipping)	

**Notes:** The Max. voltage while charging is not more than 4.25V. The Max. protective voltage designed on PCB board should not more than 4.3V.

## 4.5 Mechanical Characteristics

No.	Item	Testing Conditions and Method	Standard
1	<b>Vibration Test</b>	After standard charging, fixed the cell to vibration table and subjected to vibration cycling that the frequency is to be varied at the rate of 1Hz per minutes between 10Hz and 55Hz, the excursion of the vibration is 0.38mm. The cell shall be vibrated for 30 minutes for three axis of XYZ axes.	No leakage. Left Capacity $\geq 90\%$ , after 3 hours.
2	<b>Drop Test</b>	Drop the cell from 1 meter height onto the concrete ground twice.	No explode, no fire and no leakage

## 4.6 Safety Test

No.	Item	Testing Conditions and Method	Standard
1	<b>Over-charge</b>	Charge is conducted for 8 hours while the invariable voltage is 4.30V.	No deformation and leakage
2	<b>Short-circuit</b>	The charged battery is short-circuited for 1 hour at 100 m $\Omega$ .	No explode or fire
3	<b>Heat shock</b>	Put the battery into the heat box, the temperature is rising to $120 \pm 2^\circ\text{C}$ at the rate of $(5 \pm 2^\circ\text{C}/\text{min})$ and maintain for 10 minutes. Then cool down to room temperature at the rate of $5 \pm 2^\circ\text{C}/\text{min}$ .	No explode or fire
4	<b>Humid and heat test</b>	Put the charged battery into box for 48 hours, the temperature is $40^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ and the relative humidity is $90\% \sim 95\%$ .	No smoke or explode

## 4.7 High and low temperature test

No	Item	Testing Conditions and Method	Standard
1	<b>High Temperature</b>	Put the charged battery into the high temperature box for 2 hours at $55^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ . And discharge the battery at 0.5C current until the voltage is 2.75V.	Discharge 90 percent of the original capacity.
2	<b>Low Temperature</b>	Put the charged battery into the low temperature box for 16 hours $\sim$ 24 hours at $-10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ . And then discharge the battery at 0.1C until the voltage is 2.75V	Discharge more than 45 percent of the original capacity.

## 4.8 Electricity maintenance

No	Item	Testing Conditions and Method	Standard
1	<b>Electricity maintenance</b>	Rest the charge battery for 28 days at the ambient temperature of $25^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ . And then discharge the battery until the voltage is ended.	Discharge more than 85 percent of the original capacity.

## 5. Storage and others

### 5.1 Long Period Storage

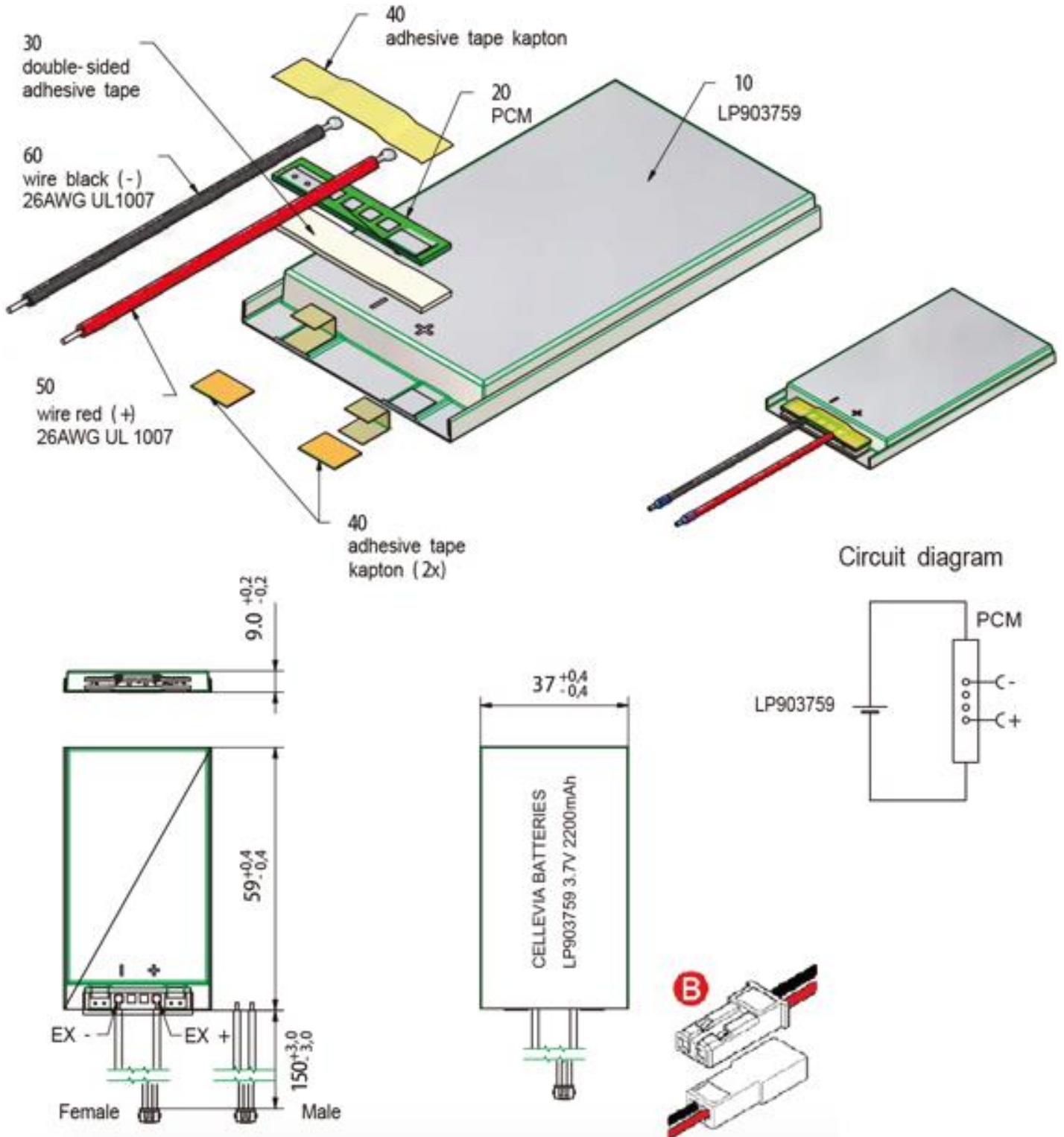
If the cell has been stored for 3 month, it should be transfer to a **dry and cool** environment. Storage Voltage is between 3.6V and 3.9V and the storage conditions as Item 4.1.

5.2 Any matters that this specification does not cover should be conferred between the customer and CELLEVIA

## 6.Drawing

### 6.1 Assembly diagram(not in scale)

Model: LP903759



---

**! Danger**

- Strictly prohibits heat or throw cell into fire.
- Strictly prohibits throw and wet cell in liquid such as water, gasoline or drink etc.
- Strictly prohibits use leave cell close to fire or inside of a car where temperature may be above 60°C. Also do not charge / discharge in such conditions.
- Strictly prohibits put batteries in your pockets or a bag together with metal objects such as necklaces. Hairpins, coins, or screws. Do not store or transportation batteries with such objects.
- Strictly prohibits short circuit the (+) and (-) terminals with other metals.
- Do not place Cell in a device with the (+) and (-) in the wrong way around.
- Strictly prohibits pierce Cell with a sharp object such as a needle.
- Strictly prohibits disassemble or modify the cell.
- Strictly prohibits welding a cell directly.
- Do not use a Cell with serious scar or deformation.
- Thoroughly read the user's manual before use, inaccurate handling of lithium ion rechargeable cell may cause leakage, heat, smoke, an explosion, or fire, capacity decreasing.

**! Warning**

- Strictly prohibits put cell into a microwave oven, dryer, or high-pressure container.
- Strictly prohibits use cell with dry cells and other primary batteries, or new and old battery or batteries of a different package, type, or brand.
- Stop charging the Cell if charging is not completed within the specified time.
- Stop using the Cell if abnormal heat, odor, discoloration, deformation or abnormal condition is detected during use, charge, or storage.
- Keep away from fire immediately when leakage or foul odor is detected.
- If liquid leaks onto your skin or clothes, wash well with fresh water immediately.
- If liquid leaking from the Cell gets into your eyes, do not rub your eyes. Wash them well with clean edible oil and go to see a doctor immediately.

**! Caution**

- Before using the Cell, be sure to read the user's manual and cautions on handling thoroughly.
- Charging with specific charger according to product specification. Charge with CC/CV method. Strictly prohibits reversed charging. Connect cell reverse will not charge the cel. At the same time, it will reduce the charge-discharge characteristics and safety characteristics, this will lead to product heat and leakage.
- Store batteries out of reach of children so that they are not accidentally swallowed.
- If younger children use the Cell, their guardians should explain the proper handling.
- Before using the Cell, be sure to read the user's manual and cautions on handling thoroughly.
- Batteries have life cycles. If the time that the Cell powers equipment becomes much shorter than usual, the Cell life is at an end. Replace the Cell with a new same one.
- When not using Cell for an extended period, remove it from the equipment and store in a place with low humidity and low temperature.
- While the Cell pack is charged, used and stored, keep it away from objects or materials with static electric charges.
- If the terminals of the Cell become dirty, wipe with a dry clothe before using the Cell.
- Storage the cells in storage temperature range as the specifications, After full discharged, we suggest that charging to 3.9~4.0V with no using for a long time.
- Do not exceed these ranges of the following temperature ranges.

Charge temperature range : 0 °C to 45 °C; Discharge temperature range : -20 °C to 60 °C.(When using equipment)



---

### Handling Precaution and Guideline

#### For LIP (Lithium-Ion Polymer) Rechargeable Batteries

##### Preface

This document of 'Handling Precautions and Guideline LIP Rechargeable Batteries' shall be applied to the battery cells manufactured by Cellevia.

**Note (1):** The customer is requested to contact Cellevia in advance, if and when the customer needs other applications of operating conditions than those described in this document. Additional experimentation may be required to verify performance and safety under such condition.

**Note (2):** Cellevia will take no responsibility for any accident when the cell is used under other condition.

**Note (3):** Cellevia will inform, in a written form, the customer of improvement(s) regarding proper use and handling of the cell, if it is deemed necessary.

#### 1. Charging 1.1Charging

##### Current:

Charging current should be less than maximum charge current specified in the Specification Approval Sheet.

##### 1.2 Charging Voltage:

Charging voltage should be less than the maximum **nominal voltage 4.2V**, and the charging voltage upper limited is **4.30V**(single pack).

##### 1.3 Charging Temperature:

The cell should be charged within the range specified in this Specification Approval Sheet.

##### 1.4 Notes:

Since charging with constant current or constant voltage, reverse charging is prohibited. In case of the cell is connected improperly, the cell cannot be charged. Simultaneously, the reverse charging may cause damaging to the cell which may lead to degradation of cell performance and damage the cell safety, and could cause heat generation or leakage.

#### 2. Discharging Current:

The cell shall be discharged at less than the maximum discharge current specified in the Specification Approval Sheet. High discharging current may reduce the discharging capacity significantly or cause over-heat.

#### 3. Discharging Temperature

Discharging Temperature should be within the range specified in this Specification Approval Sheet.

#### 4.Over-Discharge

Over-discharging will cause cell low-performance and function loss. The cell would be in a over-discharged state by its self-discharge characteristic. In order to prevent over-discharging, the cell shall be charged periodically to maintain between 3.6V and 3.9V.

#### 5. Protective Circuit Module

**5.1** The cell / battery pack shall be with a PCM that can protect cell / battery pack properly. PCM shall have functions of





- 
- (1) Overcharging prevention
  - (2) Over-discharging prevention
  - (3) Over current prevention to maintain safety and prevent significant deterioration of cell performance. The over current can occur by external short circuit.

### 5.2 Overcharging Protection

Overcharging prevention function shall stop charging if any cell of the battery pack reaches **4.30V**.

### 5.3 Over-discharging protection

Over-discharging protection function shall monitor the voltage of every cell in the pack, and work to avoid further drop in the cell voltage of **2.75V or less**.

## 6. Storage

Cells should be stored in proper temperature specified in Specification Approval Sheet.

## 7. Appearance

It shall be free from any defects such as remarkable scratches, breaks, cracks, discoloration, leakage or deformation .

## 8. Notice

### 8.1 Handling of cells:

- Avoid any short-circuit, it will caused the pole hot and lost electronic functions.
- Soft packing is very damaged by sharp edge parts such as needles and knives.  
Avoid cells touch with sharp edge part, when handling and storage.
- Beside the poles is the sealed edge. Don't bend or fold dealing edge, for it is a sensitive part.
- Don't open the folding edge on both sides of the cells.
- Don't bend the tabs, for the tabs are not so stubborn.
- Avoid mechanical shock to the cells.
- Don't put the cells into the heater, washing machine or high-voltage container.
- Don't use the charger without any safety guarantee, and recommend you use specified charger.
- You should immediately stop charging, as cell is overheating, delivery any smell, changed color, distortion etc.
- Before Children use batteries, adults should explain the usage first.
- Before use batteries, please read the handling guideline carefully and fully understand.
- Away from the static-electronic field, while using, charging and storing cells.
- Don't put the cells together with metal conductors such as chains, barrette, bolt into the pocket or stored them together.
- Don't use metal conductor to shortcut the positive and negative poles.
- Don't mis-assemble the positive pole with the negative one.

### 8.2 Notice for Designing Battery Pack

#### 8.2.1 Package Design

- Battery pack should have sufficient strength and battery should be protected from mechanical shock.
- No sharp edge components should be inside the pack containing the battery.

#### 8.2.2 PCM Design

- The overcharge threshold voltage should not be exceed 4.30V (single pack)



- The over-discharge threshold voltage should not be lower than 2.75V (single pack)

The PCM should have short protection built inside.

### 8.3 Notice for Assembling Battery Pack

#### 8.3.2 Tab connection

- Ultrasonic welding or spot welding is recommended to connect battery with PCM or other parts.
- If apply manual solder method to connect tab with PCM, below notice is very important to ensure battery performance.

**8.3.2.1** The solder iron should be temperature controlled and ESD safe.

**8.3.2.2** Soldering temperature should not exceed 350°C.

**8.3.2.3** Soldering time should not be longer than 3 seconds .

**8.3.2.4** Keep battery tab cold down before next time soldering.

**8.3.2.5** Directly heat cell body is strictly prohibited. **Battery should be damaged by heat above approx. 60°C.**

#### 8.3.3 Cell fixing

- The battery should be fixed to the battery pack by its large surface area.
- No sharp edge at the assembling position.
- No cell movement in the battery pack should be allowed.

### 9.Others

9.1 The disassembling may generate internal short circuit in the cell, which may cause gassing, firing, or other problem.

#### 9.2 Prohibition of dumping of cells into fire

Never incinerate or dispose the cells in fire, for these may cause firing of the cells.

9.3 The cells should never be soaked with liquids such as water, drinks or oil.

9.4 Prohibit using the cells mixed with different manufactories. Prohibit using new cells mixed with old ones.

**▲Special Notice:** If the cell isn't used for a long time, **Please Keep the cells in half-charged state, which is keeping them unfully charged or incompletely discharged. Recharge the cells and use half of the power after 2-3months. Store the cells in cool and dry place. It will protect the cell from damage effectively and long-term.**

### 10. Statement

If our specifications material, product process or product control system has changed, the information will be transmitted to consumer by way of written with quality and reliability data.

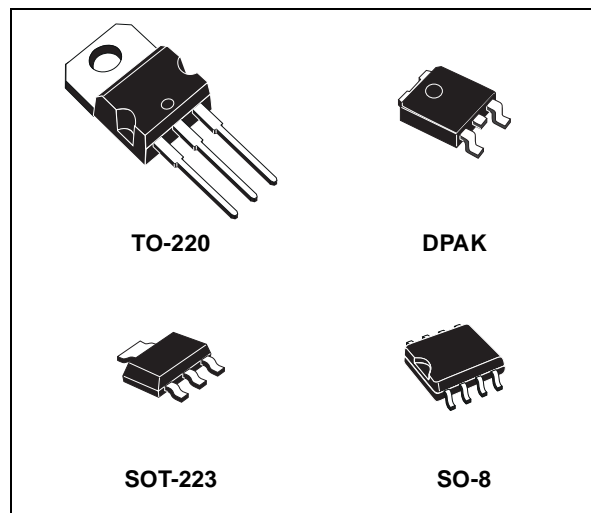


## LOW DROP FIXED AND ADJUSTABLE POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

- LOW DROPOUT VOLTAGE (1V TYP.)
- 2.85V DEVICE PERFORMANCES ARE SUITABLE FOR SCSI-2 ACTIVE TERMINATION
- OUTPUT CURRENT UP TO 800 mA
- FIXED OUTPUT VOLTAGE OF: 1.2V, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.0V, 3.3V, 5.0V
- ADJUSTABLE VERSION AVAILABILITY ( $V_{ref}=1.25V$ )
- INTERNAL CURRENT AND THERMAL LIMIT
- AVAILABLE IN  $\pm 1\%$  (AT 25°C) AND 2% IN FULL TEMPERATURE RANGE
- SUPPLY VOLTAGE REJECTION: 75dB (TYP.)

### DESCRIPTION

The LD1117 is a LOW DROP Voltage Regulator able to provide up to 800mA of Output Current, available even in adjustable version ( $V_{ref}=1.25V$ ). Concerning fixed versions, are offered the following Output Voltages: 1.2V, 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.0V, 3.3V and 5.0V. The 2.85V type is ideal for SCSI-2 lines active termination. The device is supplied in: SOT-223, DPAK, SO-8 and TO-220. The SOT-223 and DPAK surface mount packages optimize the thermal characteristics even offering a relevant space saving effect. High efficiency is assured by NPN pass transistor. In fact in this



case, unlike than PNP one, the Quiescent Current flows mostly into the load. Only a very common 10 $\mu$ F minimum capacitor is needed for stability. On chip trimming allows the regulator to reach a very tight output voltage tolerance, within  $\pm 1\%$  at 25°C. The ADJUSTABLE LD1117 is pin to pin compatible with the other standard. Adjustable voltage regulators maintaining the better performances in terms of Drop and Tolerance.

**Figure 1: Block Diagram**

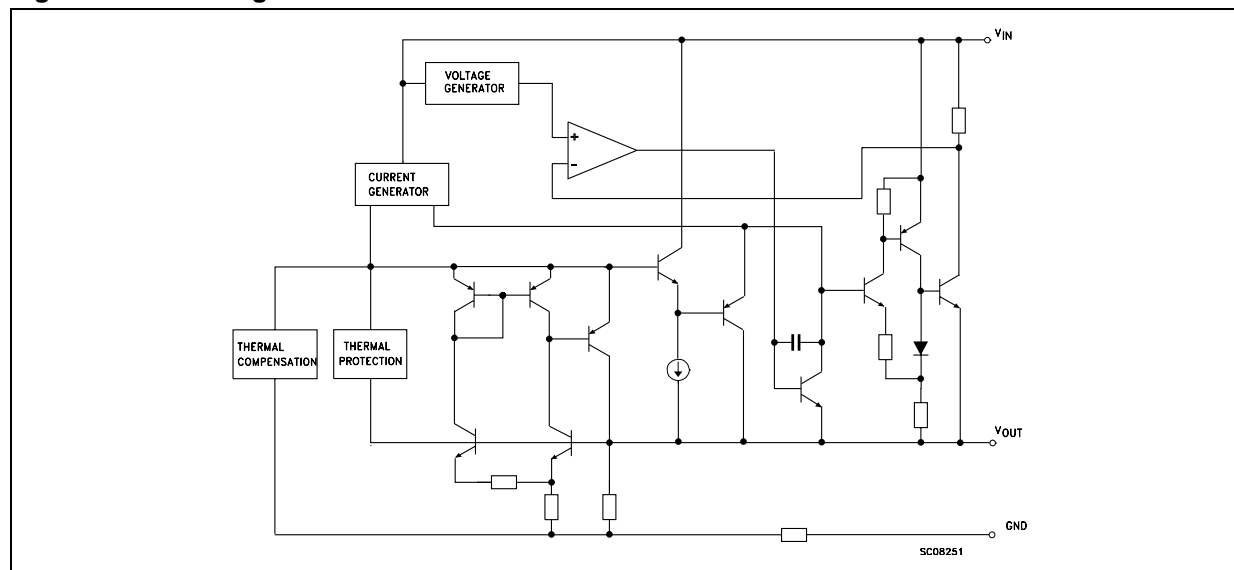
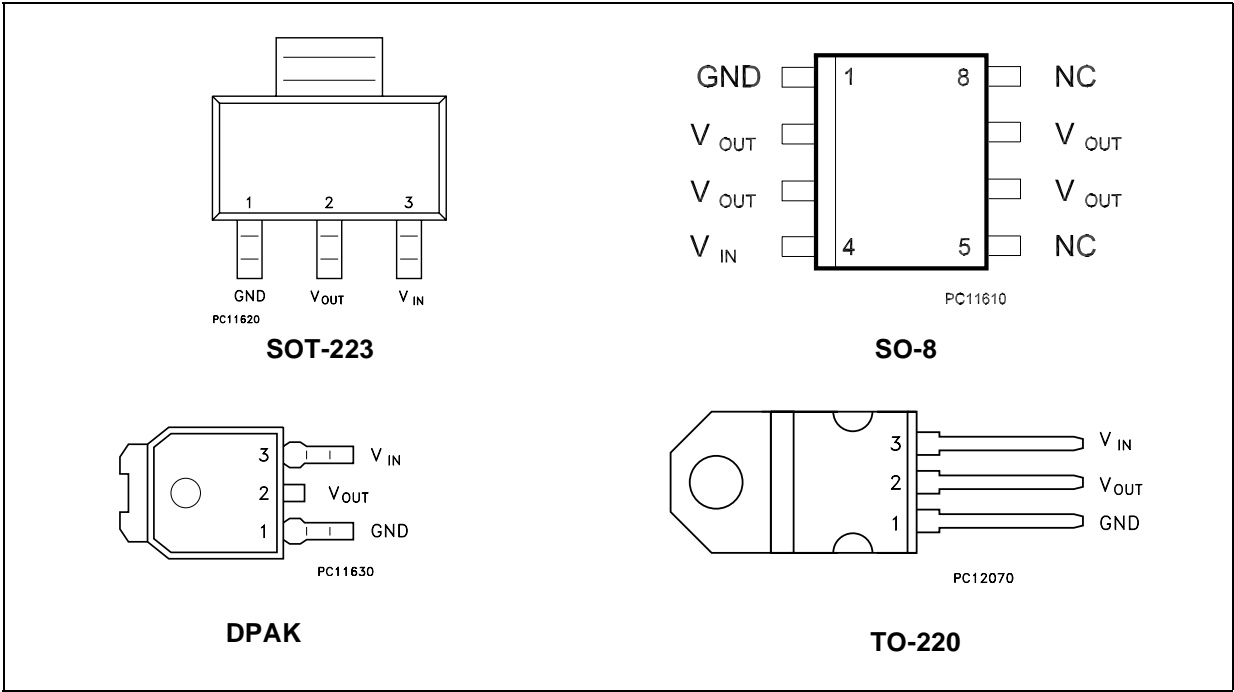


Figure 2: Pin Connection (top view)



NOTE: The TAB is connected to the V<sub>OUT</sub>.

Table 1: Order Codes

SOT-223	SO-8	DPAK	DPAK (T&R)	TO-220	OUTPUT VOLTAGE
LD1117S12TR	LD1117D12TR (*)	LD1117DT12 (*)	LD1117DT12TR	LD1117V12 (*)	1.2 V
LD1117S12CTR (*)	LD1117D12CTR (*)	LD1117DT12C (*)		LD1117V12C (*)	1.2 V
LD1117S18TR	LD1117D18TR (*)	LD1117DT18	LD1117DT18TR	LD1117V18	1.8 V
LD1117S18CTR (*)	LD1117D18CTR (*)	LD1117DT18C	LD1117DT18CTR	LD1117V18C (*)	1.8 V
LD1117S25TR	LD1117D25TR (*)	LD1117DT25	LD1117DT25TR	LD1117V25	2.5 V
LD1117S25CTR	LD1117D25CTR (*)	LD1117DT25C	LD1117DT25CTR	LD1117V25C	2.5 V
LD1117S28TR	LD1117D28TR (*)		LD1117DT28TR		2.85 V
LD1117S30TR	LD1117D30TR (*)				3 V
LD1117S33TR	LD1117D33TR	LD1117DT33	LD1117DT33TR	LD1117V33	3.3 V
LD1117S33CTR	LD1117D33CTR	LD1117DT33C	LD1117DT33CTR	LD1117V33C	3.3 V
LD1117S50TR	LD1117D50TR	LD1117DT50	LD1117DT50TR	LD1117V50	5 V
LD1117S50CTR	LD1117D50CTR (*)	LD1117DT50C	LD1117DT50CTR		5 V
LD1117STR	LD1117DTR (*)	LD1117DT	LD1117DTTR	LD1117V	ADJ FROM 1.25 TO 15V
LD1117SC-R	LD1117DC-R (*)	LD1117DTC (*)	LD1117DTC-R	LD1117VC (*)	ADJ FROM 1.25 TO 15V

(\*) Available on request

Table 2: Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter		Value	Unit
$V_{IN}$	DC Input Voltage		15	V
$P_{tot}$	Power Dissipation		12	W
$T_{stg}$	Storage Temperature Range		-40 to +150	°C
$T_{op}$	Operating Junction Temperature Range	for C Version	-40 to +150	°C
		for standard Version	0 to +150	°C

Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation under these condition is not implied. Over the above suggested Max Power Dissipation a Short Circuit could definitively damage the device.

Table 3: Thermal Data

Symbol	Parameter	SOT-223	SO-8	PAK	TO-220	Unit
$R_{thj-case}$	Thermal Resistance Junction-case	15	20	8	3	°C/W
$R_{thj-amb}$	Thermal Resistance Junction-ambient				50	°C/W

Figure 3: Application Circuit (FOR 1.2 V)

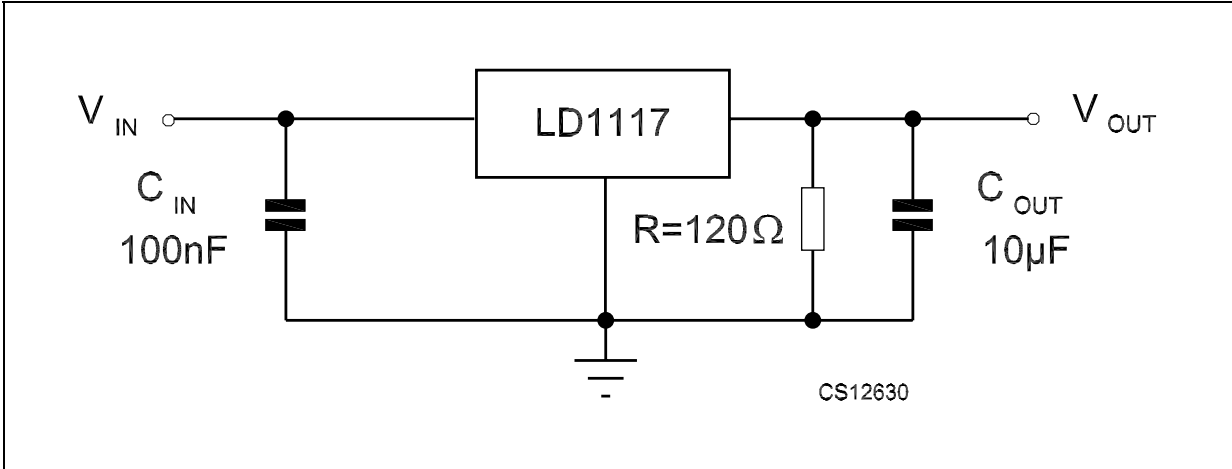
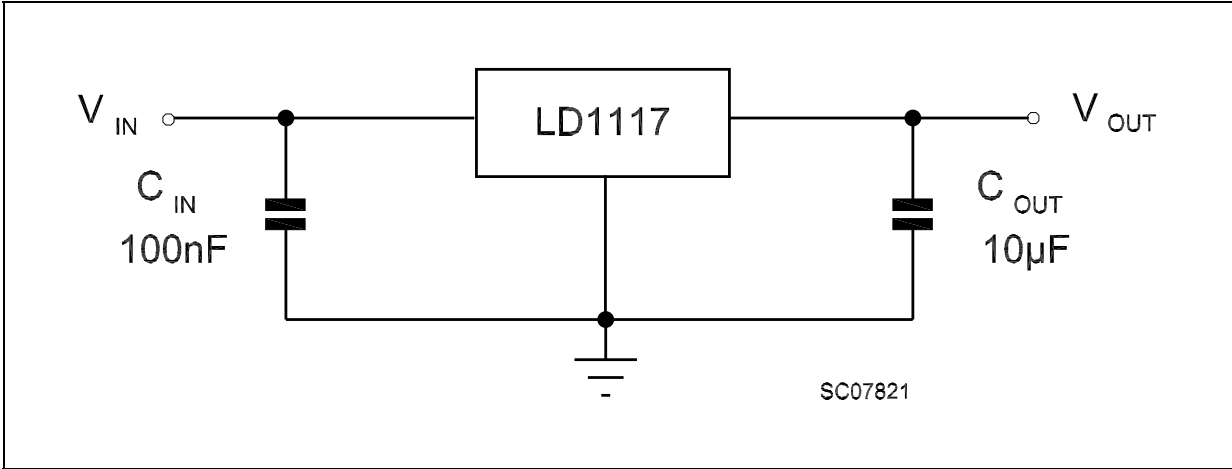


Figure 4: Application Circuit (FOR OTHER FIXED OUTPUT VOLTAGES)



**Table 4: Electrical Characteristics Of LD1117#12** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$ ,  $R = 120\ \Omega$  between GND and OUT pins, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 3.2\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.188	1.20	1.212	V
$V_O$	Reference Voltage	$I_O = 10$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} - V_O = 1.4$ to $10\ \text{V}$	1.140	1.20	1.260	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} - V_O = 1.5$ to $13.75\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$		0.035	0.2	%
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} - V_O = 3\ \text{V}$ $I_O = 10$ to $800\ \text{mA}$		0.1	0.4	%
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage				15	V
$I_{adj}$	Adjustment Pin Current	$V_{in} \leq 15\ \text{V}$		60	120	$\mu\text{A}$
$\Delta I_{adj}$	Adjustment Pin Current Change	$V_{in} - V_O = 1.4$ to $10\ \text{V}$ $I_O = 10$ to $800\ \text{mA}$		1	5	$\mu\text{A}$
$I_{O(min)}$	Minimum Load Current	$V_{in} = 15\ \text{V}$		2	5	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} - V_O = 5\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise (% $V_O$ )	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.003		%
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} - V_O = 3\ \text{V}$ $V_{ripple} = 1\ V_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 5: Electrical Characteristics Of LD1117#18** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 3.8\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.78	1.8	1.82	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 3.3$ to $8\ \text{V}$	1.76		1.84	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 3.3$ to $8\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	6	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 3.3\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			10	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 8\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 6.8\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 5.5\ \text{V}$ $V_{ripple} = 1\ V_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 6: Electrical Characteristics Of LD1117#25** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 4.5\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.475	2.5	2.525	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 3.9$ to $10\ \text{V}$	2.45		2.55	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 3.9$ to $10\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	6	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 3.9\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 10\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 7.5\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 5.5\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 7: Electrical Characteristics Of LD1117#28** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 4.85\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.82	2.85	2.88	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 4.25$ to $10\ \text{V}$	2.79		2.91	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 4.25$ to $10\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	6	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 4.25\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 10\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 7.85\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 5.85\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 8: Electrical Characteristics Of LD1117#30** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 5\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.97	3	3.03	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 4.5$ to $10\ \text{V}$	2.94		3.06	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 4.5$ to $12\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	6	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 4.5\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 12\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 8\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 6\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 9: Electrical Characteristics Of LD1117#33** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 5.3\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	3.267	3.3	3.333	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 4.75$ to $10\ \text{V}$	3.235		3.365	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 4.75$ to $15\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	6	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 4.75\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 15\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 8.3\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 6.3\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 10: Electrical Characteristics Of LD1117#50** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 7\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.95	5	5.05	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 6.5$ to $15\ \text{V}$	4.9		5.1	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 6.5$ to $15\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	10	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 6.5\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	15	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 15\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 10\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 8\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 11: Electrical Characteristics Of LD1117 (ADJUSTABLE)** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{ref}$	Reference Voltage	$V_{in} - V_O = 2\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.238	1.25	1.262	V
$V_{ref}$	Reference Voltage	$I_O = 10$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} - V_O = 1.4$ to $10\ \text{V}$	1.225		1.275	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} - V_O = 1.5$ to $13.75\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$		0.035	0.2	%
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} - V_O = 3\ \text{V}$ $I_O = 10$ to $800\ \text{mA}$		0.1	0.4	%
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage				15	V
$I_{adj}$	Adjustment Pin Current	$V_{in} \leq 15\ \text{V}$		60	120	$\mu\text{A}$
$\Delta I_{adj}$	Adjustment Pin Current Change	$V_{in} - V_O = 1.4$ to $10\ \text{V}$ $I_O = 10$ to $800\ \text{mA}$		1	5	$\mu\text{A}$
$I_{O(min)}$	Minimum Load Current	$V_{in} = 15\ \text{V}$		2	5	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} - V_O = 5\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise ( $\%V_O$ )	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.003		%
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} - V_O = 3\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$		1.10	1.2	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 12: Electrical Characteristics Of LD1117#12C** (refer to the test circuits,  $T_J = 0$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$ ,  $R = 120\ \Omega$  between GND and OUT pins, unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{\text{ref}}$	Reference Voltage	$V_{\text{in}} - V_O = 2\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.176	1.20	1.224	V
$V_{\text{ref}}$	Reference Voltage	$I_O = 10$ to $800\text{ mA}$ $V_{\text{in}} - V_O = 1.4$ to $10\text{ V}$	1.120	1.20	1.280	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{\text{in}} - V_O = 1.5$ to $13.75\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA}$			1	%
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{\text{in}} - V_O = 3\text{ V}$ $I_O = 10$ to $800\text{ mA}$			1	%
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{\text{in}}$	Operating Input Voltage				15	V
$I_{\text{adj}}$	Adjustment Pin Current	$V_{\text{in}} \leq 15\text{ V}$		60	120	$\mu\text{A}$
$\Delta I_{\text{adj}}$	Adjustment Pin Current Change	$V_{\text{in}} - V_O = 1.4$ to $10\text{ V}$ $I_O = 10$ to $800\text{ mA}$		1	5	$\mu\text{A}$
$I_{O(\text{min})}$	Minimum Load Current	$V_{\text{in}} = 15\text{ V}$		2	5	mA
$I_O$	Output Current	$V_{\text{in}} - V_O = 5\text{ V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise (% $V_O$ )	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		0.003		%
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\text{ mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{\text{in}} - V_O = 3\text{ V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\text{ V}_{\text{PP}}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\text{ mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\text{ mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.05	1.2	
		$I_O = 800\text{ mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.10	1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W



**Table 13: Electrical Characteristics Of LD1117#18C** (refer to the test circuits,  $T_J = -40$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 3.8\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	1.76	1.8	1.84	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 3.9$ to $10\ \text{V}$	1.73		1.87	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 3.3$ to $8\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 3.3\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			10	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 8\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 6.8\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 5.5\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.10	1.2	
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$			1.2	
		$I_O = 800\ \text{mA}$			1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 14: Electrical Characteristics Of LD1117#25C** (refer to the test circuits,  $T_J = -40$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 4.5\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.45	2.5	2.55	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 3.9$ to $10\ \text{V}$	2.4		2.6	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 3.9$ to $10\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 3.9\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 10\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 7.5\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 5.5\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.10	1.2	
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$			1.2	
		$I_O = 800\ \text{mA}$			1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 15: Electrical Characteristics Of LD1117#30C** (refer to the test circuits,  $T_J = -40$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 5\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	2.94	3	3.06	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 4.5$ to $10\ \text{V}$	2.88		3.12	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 4.5$ to $12\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 4.5\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 12\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 8\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 6\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.10	1.2	
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$			1.2	
		$I_O = 800\ \text{mA}$			1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 16: Electrical Characteristics Of LD1117#33C** (refer to the test circuits,  $T_J = -40$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 5.3\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	3.24	3.3	3.36	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 4.75$ to $10\ \text{V}$	3.16		3.44	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 4.75$ to $15\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 4.75\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	30	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 15\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 8.3\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 6.3\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.10	1.2	
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$			1.2	
		$I_O = 800\ \text{mA}$			1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 17: Electrical Characteristics Of LD1117#50C** (refer to the test circuits,  $T_J = -40$  to  $125^\circ\text{C}$ ,  $C_O = 10\ \mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_O$	Output Voltage	$V_{in} = 7\ \text{V}$ $I_O = 10\ \text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	4.9	5	5.1	V
$V_O$	Output Voltage	$I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$ $V_{in} = 6.5$ to $15\ \text{V}$	4.8		5.2	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} = 6.5$ to $15\ \text{V}$ $I_O = 0\ \text{mA}$		1	50	mV
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} = 6.5\ \text{V}$ $I_O = 0$ to $800\ \text{mA}$		1	50	mV
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^\circ\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			15	V
$I_d$	Quiescent Current	$V_{in} \leq 15\ \text{V}$		5	10	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} = 10\ \text{V}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise Voltage	$B = 10\text{Hz to } 10\text{KHz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$		100		$\mu\text{V}$
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\ \text{mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ $V_{in} = 8\ \text{V}$ $V_{\text{ripple}} = 1\ \text{V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\ \text{mA}$ $T_J = 0$ to $125^\circ\text{C}$		1.10	1.2	
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\ \text{mA}$			1.1	V
		$I_O = 500\ \text{mA}$			1.2	
		$I_O = 800\ \text{mA}$			1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^\circ\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

**Table 18: Electrical Characteristics Of LD1117C (ADJUSTABLE)** (refer to the test circuits,  $T_J = -40$  to  $125^{\circ}\text{C}$ ,  $C_O = 10\text{ }\mu\text{F}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{ref}$	Reference Voltage	$V_{in} - V_O = 2\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	1.225	1.25	1.275	V
$V_{ref}$	Reference Voltage	$I_O = 10$ to $800\text{ mA}$ $V_{in} - V_O = 1.4$ to $10\text{ V}$	1.2		1.3	V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$V_{in} - V_O = 1.5$ to $13.75\text{ V}$ $I_O = 10\text{ mA}$			1	%
$\Delta V_O$	Load Regulation	$V_{in} - V_O = 3\text{ V}$ $I_O = 10$ to $800\text{ mA}$			1	%
$\Delta V_O$	Temperature Stability			0.5		%
$\Delta V_O$	Long Term Stability	1000 hrs, $T_J = 125^{\circ}\text{C}$		0.3		%
$V_{in}$	Operating Input Voltage				15	V
$I_{adj}$	Adjustment Pin Current	$V_{in} \leq 15\text{ V}$		60	120	$\mu\text{A}$
$\Delta I_{adj}$	Adjustment Pin Current Change	$V_{in} - V_O = 1.4$ to $10\text{ V}$ $I_O = 10$ to $800\text{ mA}$		1	10	$\mu\text{A}$
$I_{O(min)}$	Minimum Load Current	$V_{in} = 15\text{ V}$		2	5	mA
$I_O$	Output Current	$V_{in} - V_O = 5\text{ V}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	800	950	1300	mA
eN	Output Noise (% $V_O$ )	$B = 10\text{Hz}$ to $10\text{KHz}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$		0.003		%
SVR	Supply Voltage Rejection	$I_O = 40\text{ mA}$ $f = 120\text{Hz}$ $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $V_{in} - V_O = 3\text{ V}$ $V_{ripple} = 1\text{ V}_{PP}$	60	75		dB
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\text{ mA}$ $T_J = 0$ to $125^{\circ}\text{C}$		1	1.1	V
		$I_O = 500\text{ mA}$ $T_J = 0$ to $125^{\circ}\text{C}$		1.05	1.15	
		$I_O = 800\text{ mA}$ $T_J = 0$ to $125^{\circ}\text{C}$		1.10	1.2	
$V_d$	Dropout Voltage	$I_O = 100\text{ mA}$			1.1	V
		$I_O = 500\text{ mA}$			1.2	
		$I_O = 800\text{ mA}$			1.3	
	Thermal Regulation	$T_a = 25^{\circ}\text{C}$ 30ms Pulse		0.01	0.1	%/W

TYPICAL APPLICATIONS

**Figure 5: Negative Supply**

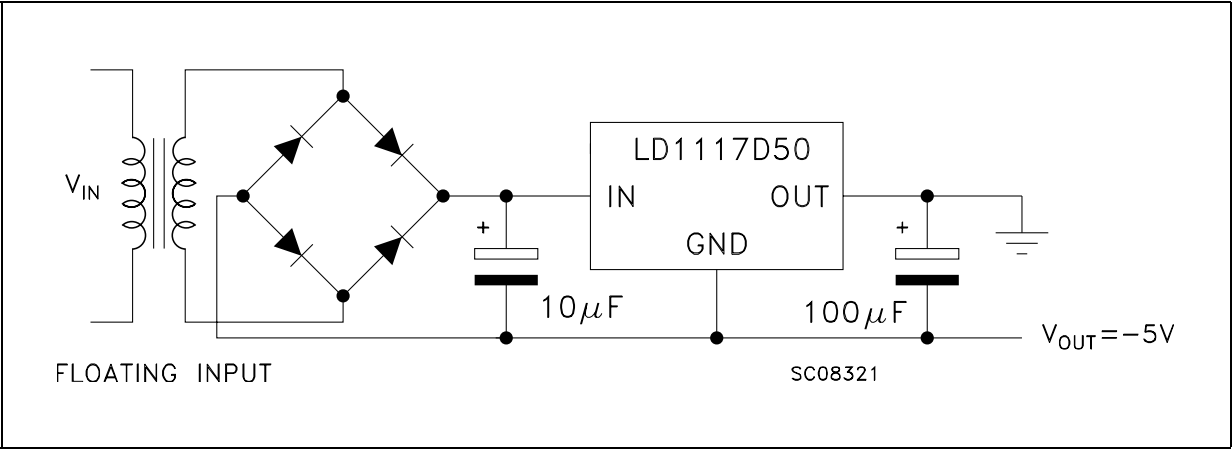


Figure 6: Active Terminator for SCSI-2 BUS

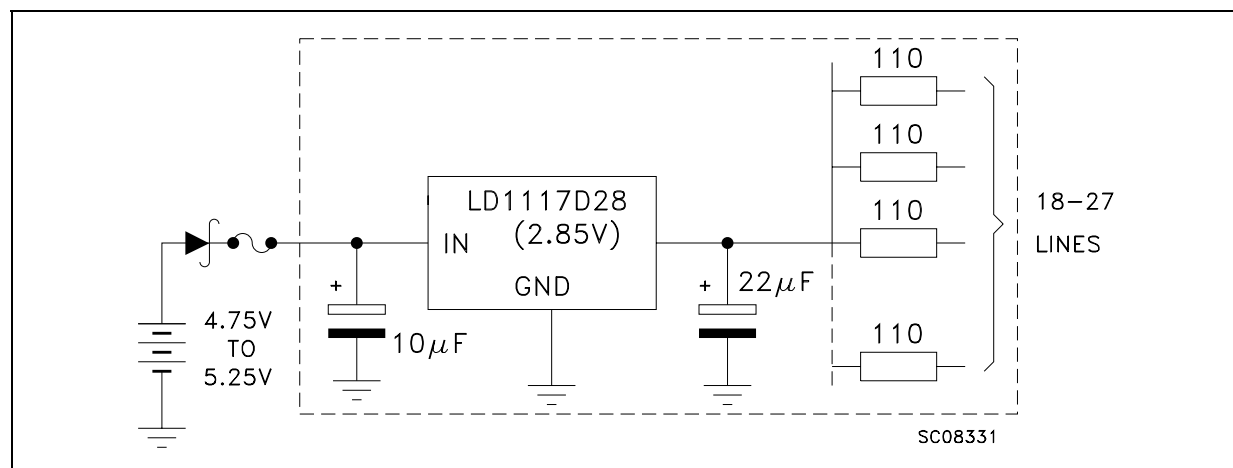


Figure 7: Circuit for Increasing Output Voltage

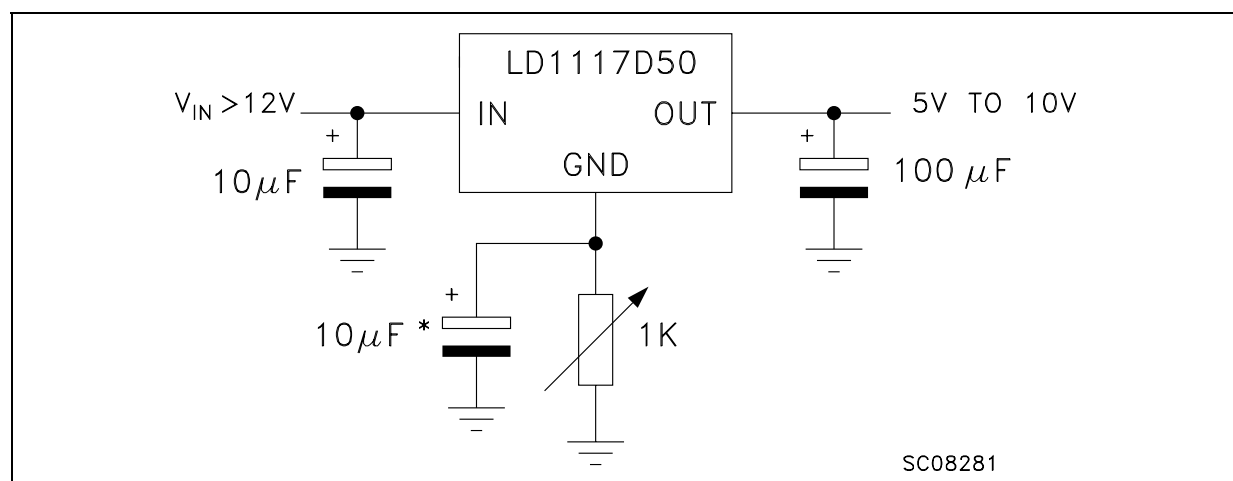


Figure 8: Voltage Regulator With Reference

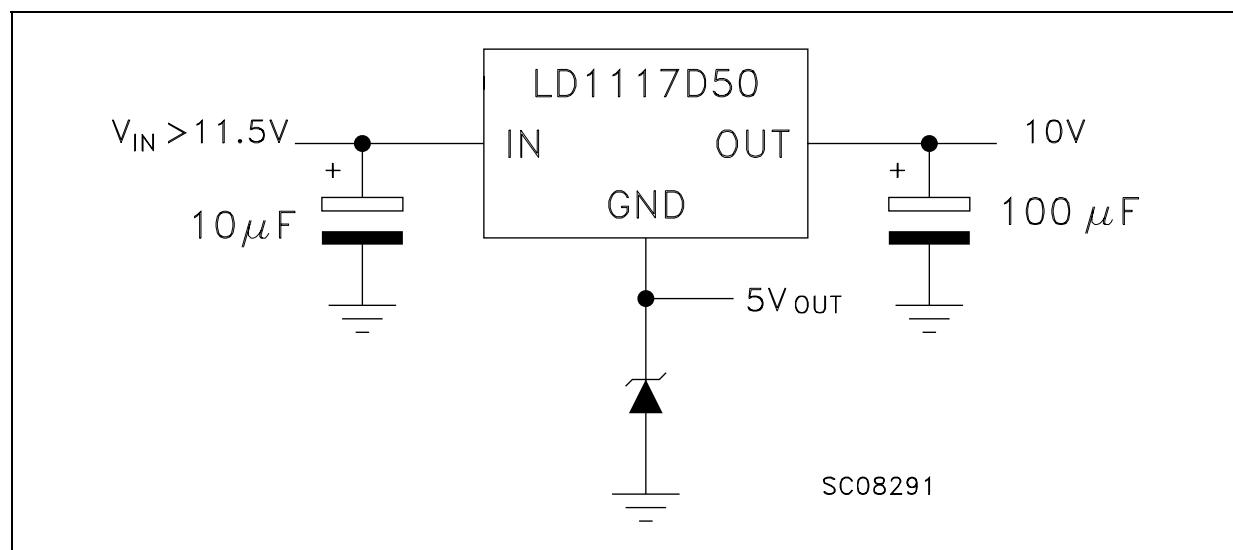


Figure 9: Battery Backed-up Regulated Supply

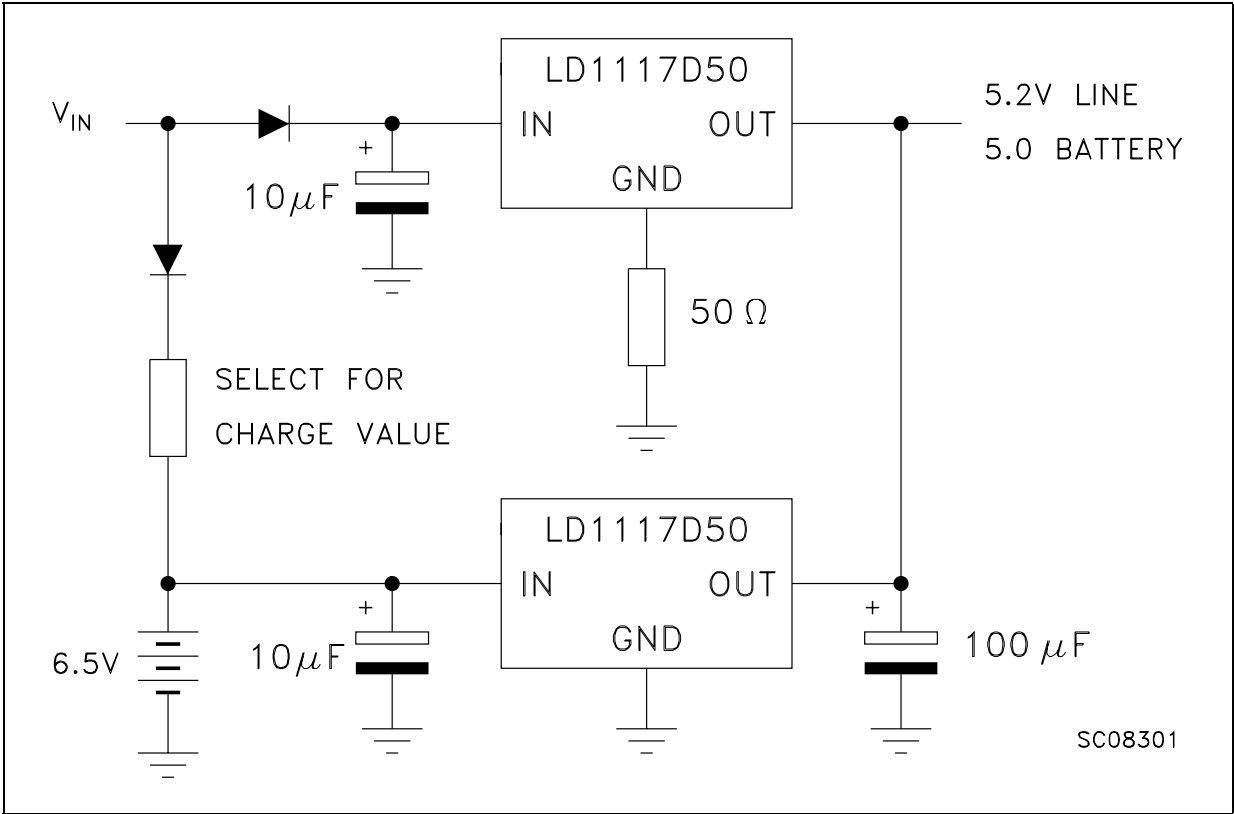
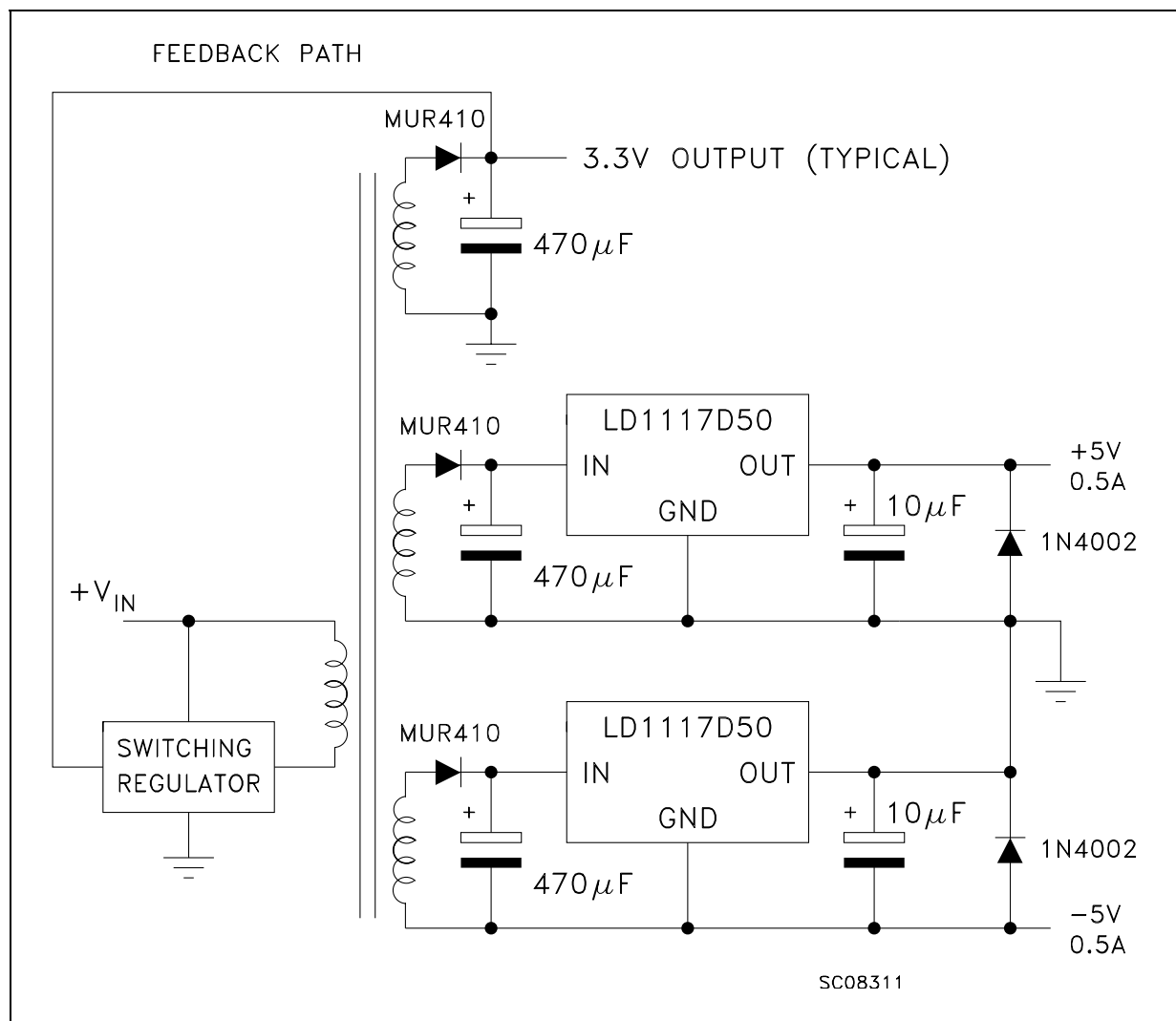




Figure 10: Post-Regulated Dual Supply



### LD1117 ADJUSTABLE: APPLICATION NOTE

The LD1117 ADJUSTABLE has a thermal stabilized  $1.25 \pm 0.012V$  reference voltage between the OUT and ADJ pins.  $I_{ADJ}$  is 60  $\mu A$  typ. (120  $\mu A$  max.) and  $\Delta I_{ADJ}$  is 1  $\mu A$  typ. (5  $\mu A$  max.).  $R_1$  is normally fixed to 120  $\Omega$ . From figure 11 we obtain:

$$V_{OUT} = V_{REF} + R_2 (I_{ADJ} + I_{R1}) = V_{REF} + R_2 (I_{ADJ} + V_{REF} / R_1) = V_{REF} (1 + R_2 / R_1) + R_2 \times I_{ADJ}$$

In normal application  $R_2$  value is in the range of few kohm, so the  $R_2 \times I_{DJ}$  product could not be considered in the  $V_{OUT}$  calculation; then the above expression becomes:

$$V_{OUT} = V_{REF} (1 + R_2 / R_1).$$

In order to have the better load regulation it is important to realize a good Kelvin connection of  $R_1$  and  $R_2$  resistors. In particular  $R_1$  connection must be realized very close to OUT and ADJ pin, while  $R_2$  ground connection must be placed as near as possible to the negative Load pin. Ripple rejection can be improved by introducing a 10  $\mu F$  electrolytic capacitor placed in parallel to the  $R_2$  resistor (see Fig. 12).

Figure 11: Adjustable Output Voltage Application

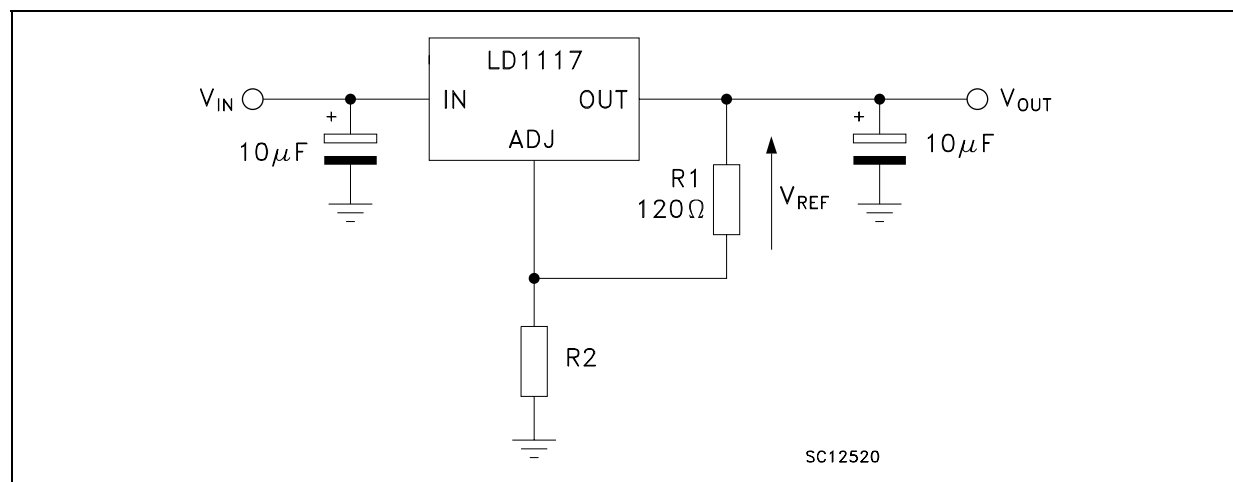
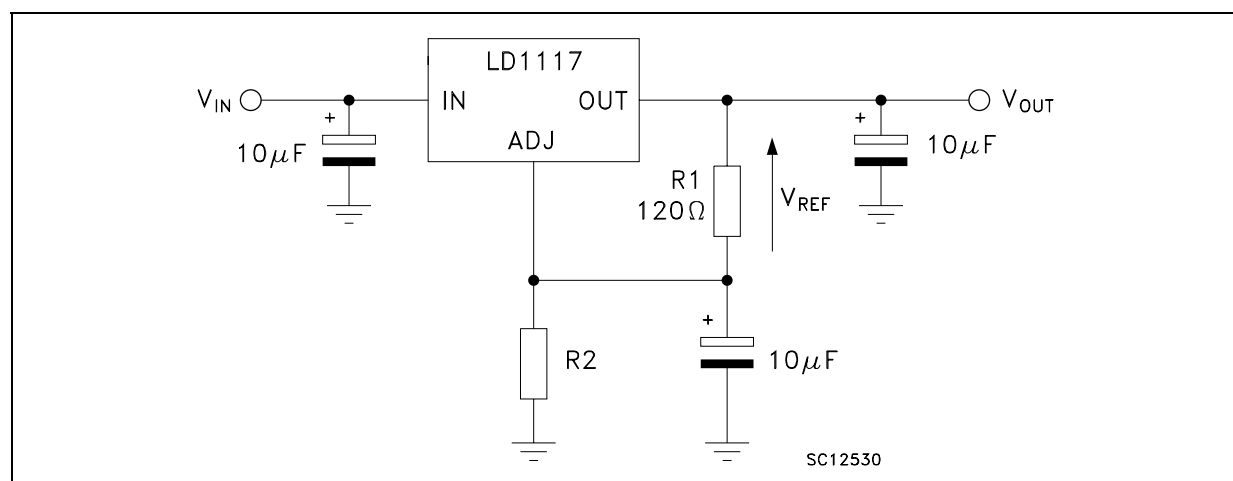
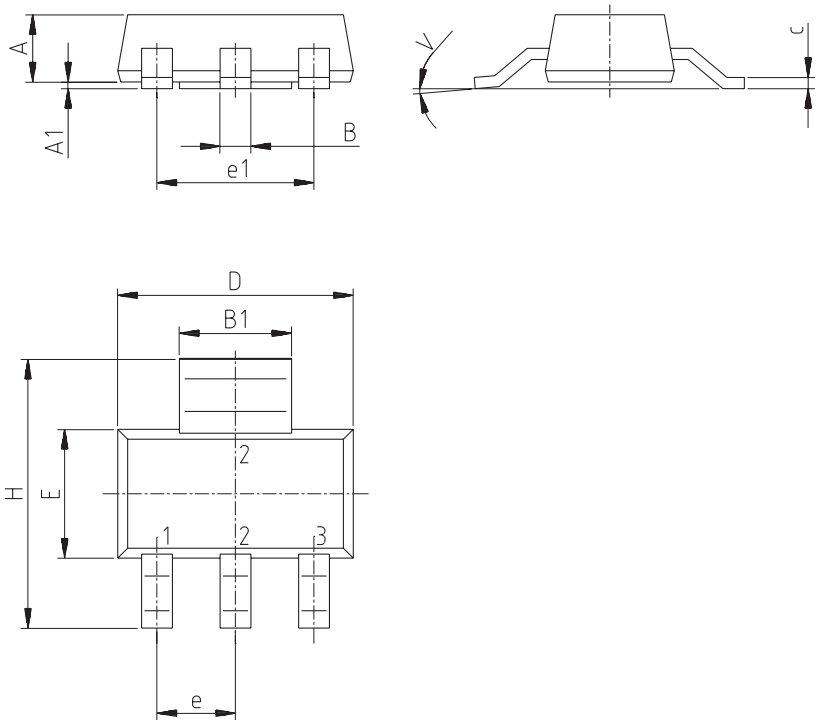


Figure 12: Adjustable Output Voltage Application with improved Ripple Rejection



SOT-223 MECHANICAL DATA

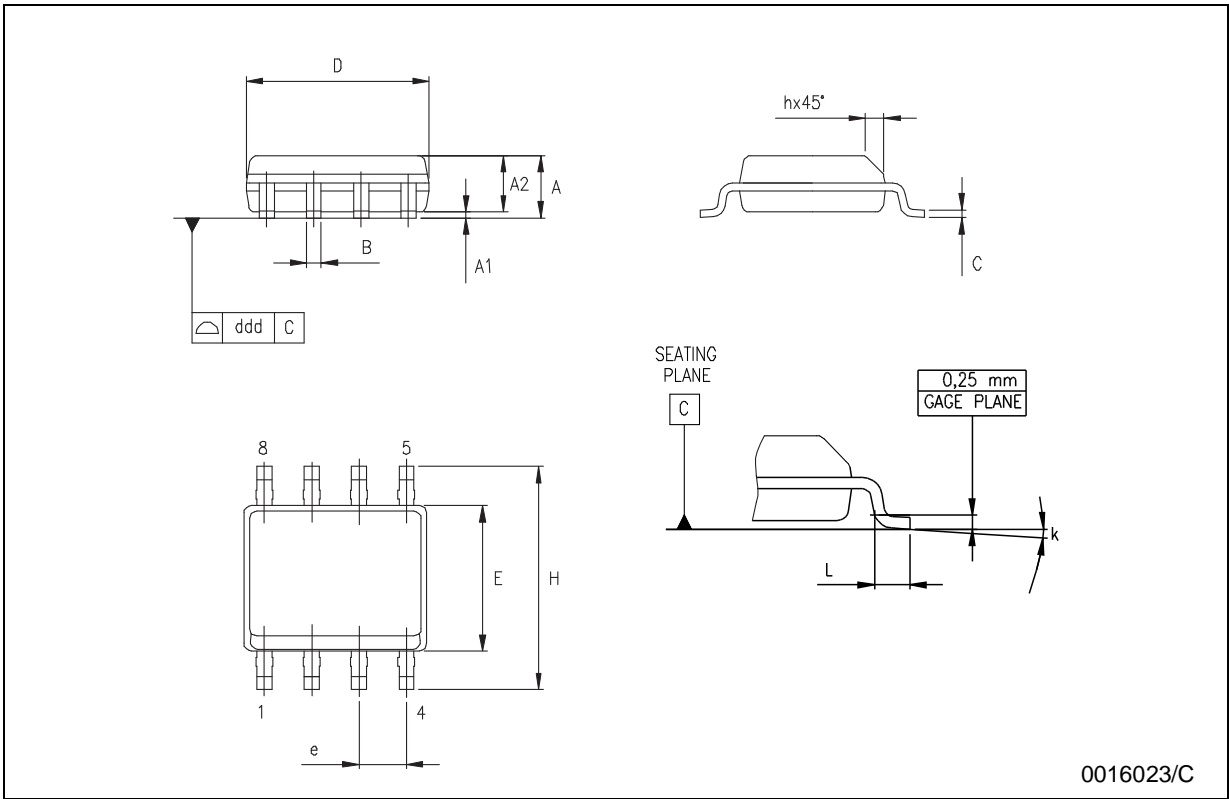
DIM.	mm.			mils		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			1.8			70.9
A1	0.02		0.1	0.8		3.9
B	0.6	0.7	0.85	23.6	27.6	33.5
B1	2.9	3	3.15	114.2	118.1	124.0
c	0.24	0.26	0.35	9.4	10.2	13.8
D	6.3	6.5	6.7	248.0	255.9	263.8
e		2.3			90.6	
e1		4.6			181.1	
E	3.3	3.5	3.7	129.9	137.8	145.7
H	6.7	7	7.3	129.9	137.8	145.7
V			10°			10°



0046067/H

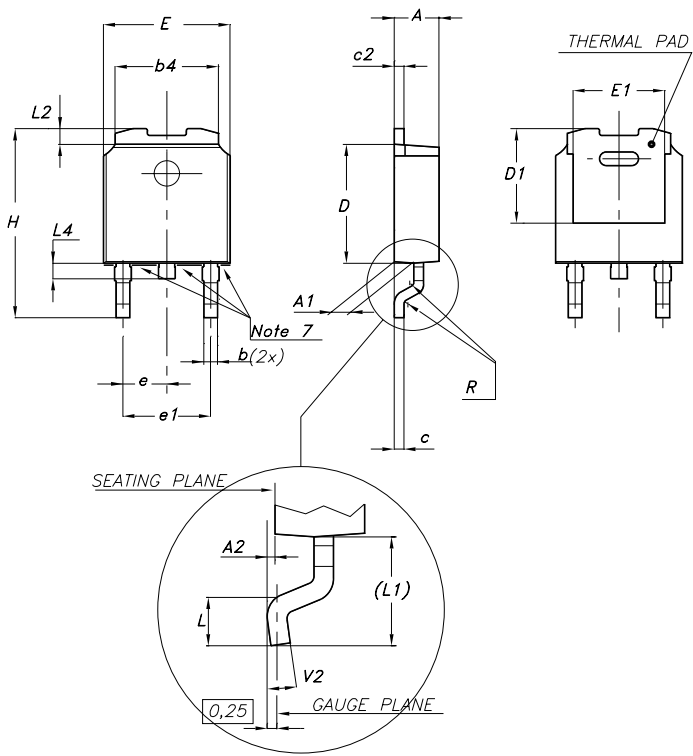
SO-8 MECHANICAL DATA

DIM.	mm.			inch		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	1.35		1.75	0.053		0.069
A1	0.10		0.25	0.04		0.010
A2	1.10		1.65	0.043		0.065
B	0.33		0.51	0.013		0.020
C	0.19		0.25	0.007		0.010
D	4.80		5.00	0.189		0.197
E	3.80		4.00	0.150		0.157
e		1.27			0.050	
H	5.80		6.20	0.228		0.244
h	0.25		0.50	0.010		0.020
L	0.40		1.27	0.016		0.050
k	8° (max.)					
ddd			0.1			0.04



DPAK MECHANICAL DATA

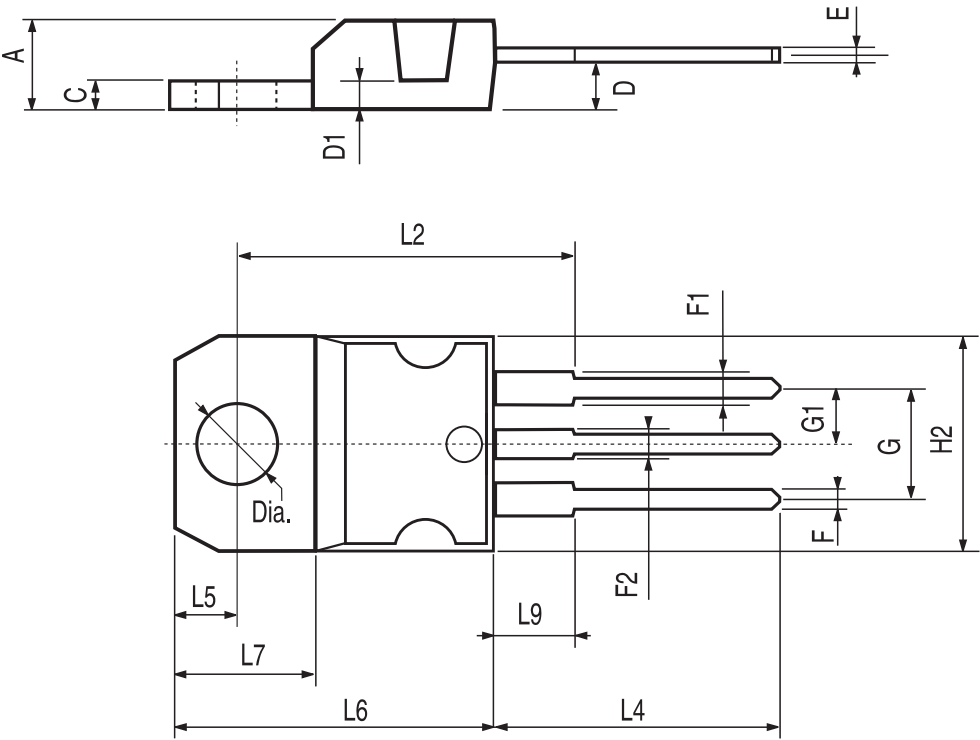
DIM.	mm.			inch		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	2.2		2.4	0.086		0.094
A1	0.9		1.1	0.035		0.043
A2	0.03		0.23	0.001		0.009
B	0.64		0.9	0.025		0.035
b4	5.2		5.4	0.204		0.212
C	0.45		0.6	0.017		0.023
C2	0.48		0.6	0.019		0.023
D	6		6.2	0.236		0.244
D1		5.1			0.200	
E	6.4		6.6	0.252		0.260
E1		4.7			0.185	
e		2.28			0.090	
e1	4.4		4.6	0.173		0.181
H	9.35		10.1	0.368		0.397
L	1			0.039		
(L1)		2.8			0.110	
L2		0.8			0.031	
L4	0.6		1	0.023		0.039



0068772-F

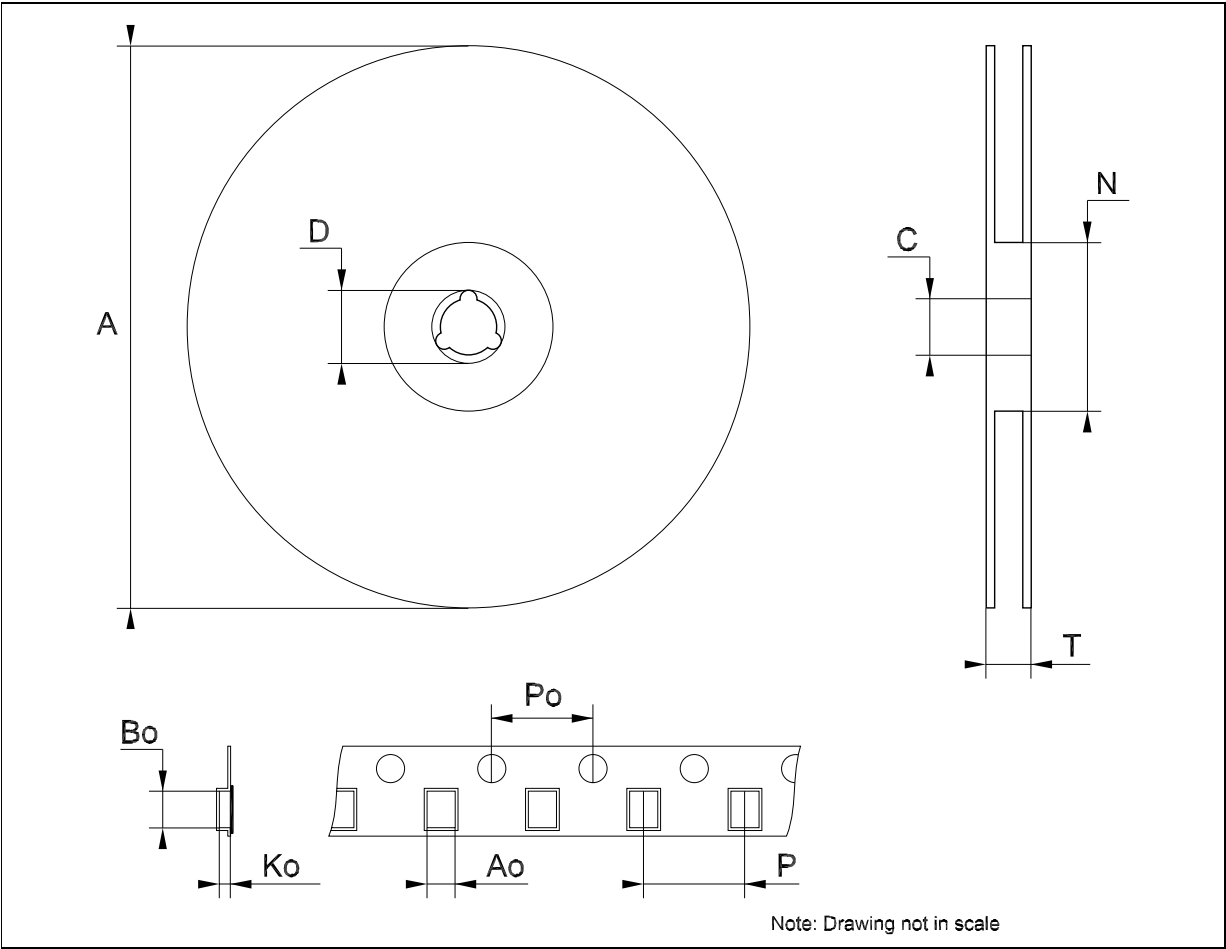
TO-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm.			inch		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.49		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.88	0.024		0.034
F1	1.14		1.70	0.044		0.067
F2	1.14		1.70	0.044		0.067
G	4.95		5.15	0.194		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.645	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.65		2.95	0.104		0.116
L6	15.25		15.75	0.600		0.620
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151



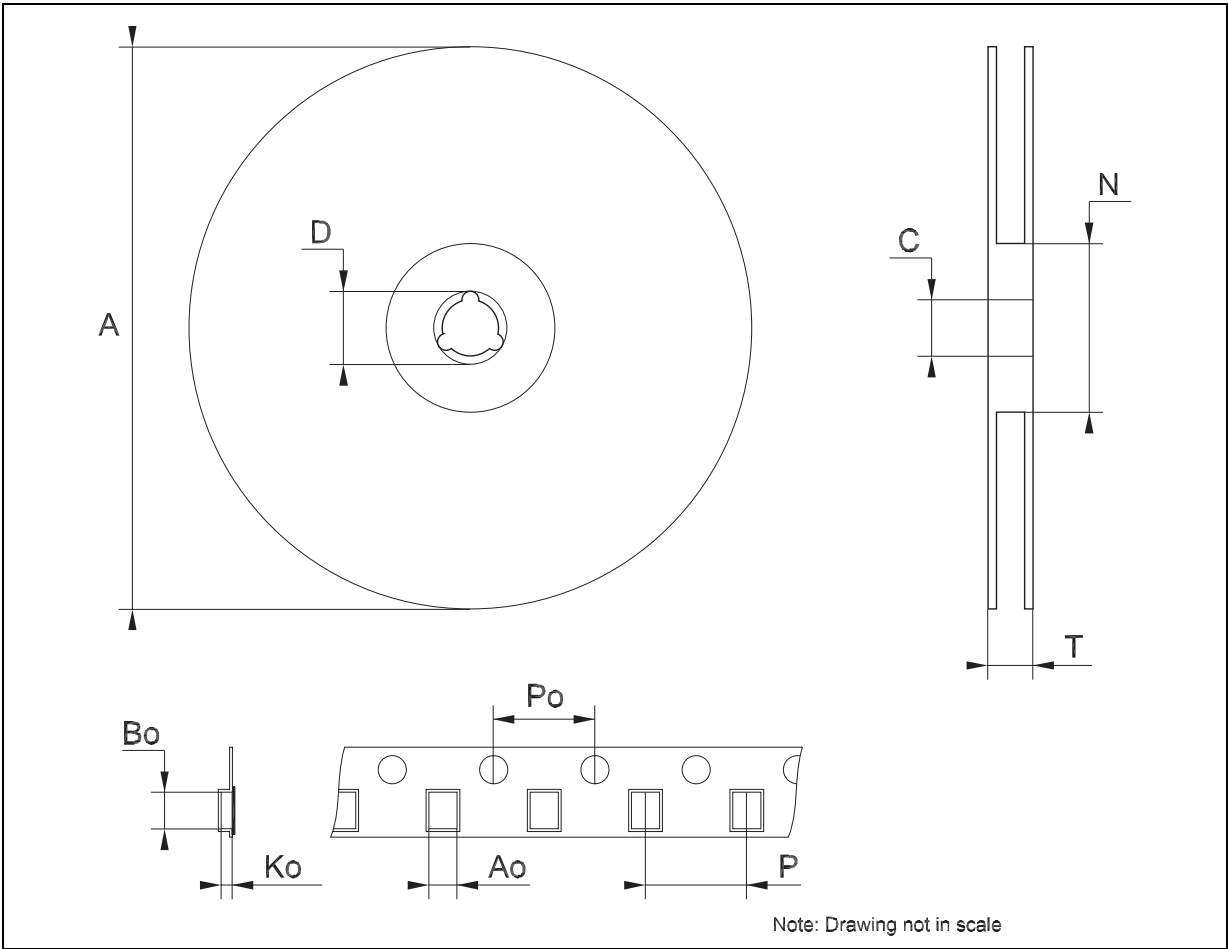
Tape & Reel SOT223 MECHANICAL DATA

DIM.	mm.			inch		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			330			12.992
C	12.8	13.0	13.2	0.504	0.512	0.519
D	20.2			0.795		
N	60			2.362		
T			14.4			0.567
Ao	6.73	6.83	6.93	0.265	0.269	0.273
Bo	7.32	7.42	7.52	0.288	0.292	0.296
Ko	1.78		2	0.070		0.078
Po	3.9	4.0	4.1	0.153	0.157	0.161
P	7.9	8.0	8.1	0.311	0.315	0.319



Tape & Reel SO-8 MECHANICAL DATA

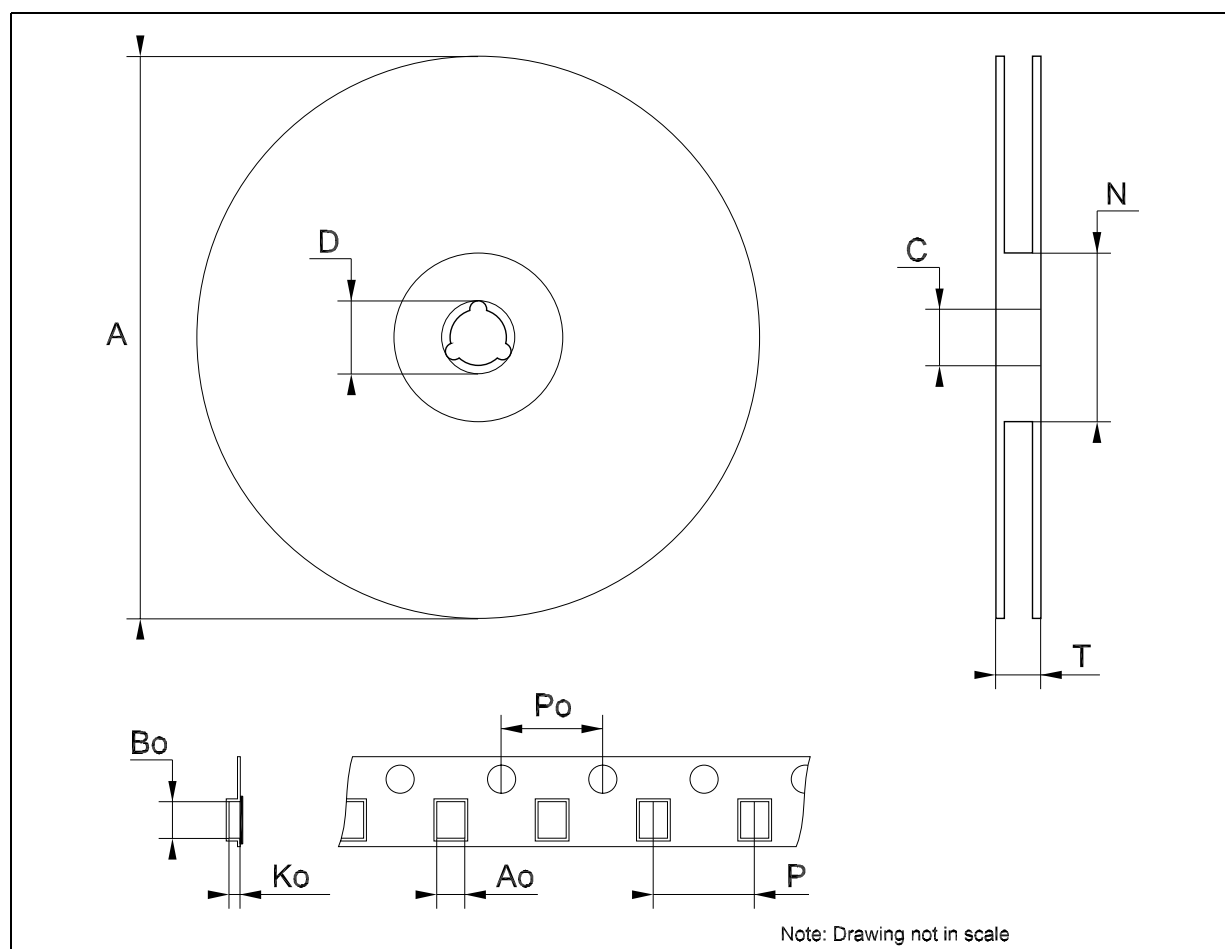
DIM.	mm.			inch		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			330			12.992
C	12.8		13.2	0.504		0.519
D	20.2			0.795		
N	60			2.362		
T			22.4			0.882
Ao	8.1		8.5	0.319		0.335
Bo	5.5		5.9	0.216		0.232
Ko	2.1		2.3	0.082		0.090
Po	3.9		4.1	0.153		0.161
P	7.9		8.1	0.311		0.319





# Tape & Reel DPAK-PPAK MECHANICAL DATA

DIM.	mm.			inch		
	MIN.	TYP	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A			330			12.992
C	12.8	13.0	13.2	0.504	0.512	0.519
D	20.2			0.795		
N	60			2.362		
T			22.4			0.882
Ao	6.80	6.90	7.00	0.268	0.272	0.276
Bo	10.40	10.50	10.60	0.409	0.413	0.417
Ko	2.55	2.65	2.75	0.100	0.104	0.105
Po	3.9	4.0	4.1	0.153	0.157	0.161
P	7.9	8.0	8.1	0.311	0.315	0.319



**Table 19: Revision History**

Date	Revision	Description of Changes
22-Sep-2004	15.0	Add new Part Number #12C; Typing Error: Note on table 2.
25-Oct-2004	16.0	Add $V_{ref}$ Reference Voltage on Table 12.
18-Jul-2005	17.0	The DPAK Mechanical Data has been updated.
25-Nov-2005	18.0	The TO220FM Package has been removed.
14-Dec-2005	19.0	The $T_{op}$ on Table 2 has been updated.

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

All other names are the property of their respective owners

© 2005 STMicroelectronics - All Rights Reserved

STMicroelectronics group of companies

Australia - Belgium - Brazil - Canada - China - Czech Republic - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia - Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States of America

[www.st.com](http://www.st.com)

# LCD Module User Manual

Customer : \_\_\_\_\_

MASS PRODUCTION CODE : TG12864H3-04MA0\_A00

DRAWING NO. : M-TG12864H3-04MA0\_A00

Approved By Customer:

Date:

Approved By	Checked By	Prepared By

## ***Vatronix Holdings Limited***

ADD : 4/F,No.404 Blg,Shangbu Industrial Zone,Futian District,Shenzhen,China

TEL:+86-755-83234801 83233058 FAX:83225058

E-mail:sales@Vatronix.com

[Http://www.vatronix.com](http://www.vatronix.com)

# Contents

1. Precautions in Use of LCM-----	P3
2. General Specification-----	P3
3. Absolute Maximum Ratings-----	P3
4. Electrical Characteristics-----	P4
5. Backlight Information-----	P4
6. Optical Characteristics-----	P5
7. Interface Description-----	P6
8. Contour Drawing & Block Diagram-----	P7
9. Application circuit-----	P8
10. LCM Function Description-----	P8
11. User instruction Definitions-----	P15
11.1 Instruction table-----	P15
11.2 Instruction description -----	P16
12. Timing Characteristics -----	P23
13. Initializing flow chart -----	P26
14. Display Data RAM Map -----	P30
15. Revision records-----	P31

## 1. Precautions in Use of LCD Module

- (1) Avoid applying excessive shocks to the module or making any alterations or modifications to it.
- (2) Don't make extra holes on the printed circuit board, modify its shape or change the components of LCD Module.
- (3) Don't disassemble the LCM.
- (4) Don't operate it above the absolute maximum rating.
- (5) Don't drop, bend or twist LCM.
- (6) Soldering: only to the I/O terminals.

Storage: please storage in anti-static electricity container and clean environment.

## 2. General Specification

ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Number of dots	128X64 Dots	Dots
Outline dimension	95.0(W)X55.0(H)X10.3MAX.(T)	mm
View area	65.5(W)X38.0(H)	mm
Active area	60.775(W)X32.935(H)	mm
Dot size	0.45(W)X0.49(H)	mm
Dot pitch	0.475(W)X0.515(H)	mm
LCD type	FSTN,Positive,Transflective	
View direction	6 o'clock	
Backlight	RGB LED	
Controller	Sitronix ST7565P	
Interface	Serial	

## 3. Absolute Maximum Ratings

ITEM	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Operating Temperature	T <sub>OP</sub>	-20	-	+70	
Storage Temperature	T <sub>ST</sub>	-30	-	+80	
Input Voltage	V <sub>I</sub>	0	-	V <sub>DD</sub>	V
Supply Voltage For Logic	V <sub>DD</sub>	0	-	5.0	V
Supply Voltage For LCD	V <sub>DD</sub> -V <sub>EE</sub>	0	-	13.0	V

## 4. Electrical Characteristics

ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Logic Voltage	$V_{DD}-V_{SS}$	-	2.4	3.0	3.3	V
Supply Volt.For LCD	$V_{DD}-V_O$	$T_a=25$	---	10.0	---	V
Input High Volt.	$V_{IH}$	-	2.0	-	$V_{DD}$	V
Input Low Volt.	$V_{IL}$	-	-0.3	-	0.8	V
Output High Volt.	$V_{OH}$	$I_{OH}=-0.2mA$	2.4	-	$V_{DD}$	V
Output Low Volt.	$V_{OL}$	$I_{OL}=1.6mA$	0	-	0.4	V
Supply Current	$I_{DD}$	-	---	---	1.0	mA

## 5. Backlight Information

Absolute Maximum ratings ( $T_a=25$  )

Item	Symbol	Conditions	Rating	Unit
Reverse voltage	$V_r$	-	5.0	V
Reverse Current	$I_r$	-	20	uA
Absolute maximum forward Current	$I_{fm}$		500	mA
Peak forward current	$I_{fp}$	1 msec plus 10% Duty Cycle	120	mA
Power dissipation	$P_d$		165	mW
Operating Temperature Range	$T_{oper}$		-30~+70	
Storage Temperature Range	$T_{st}$		-40~+80	

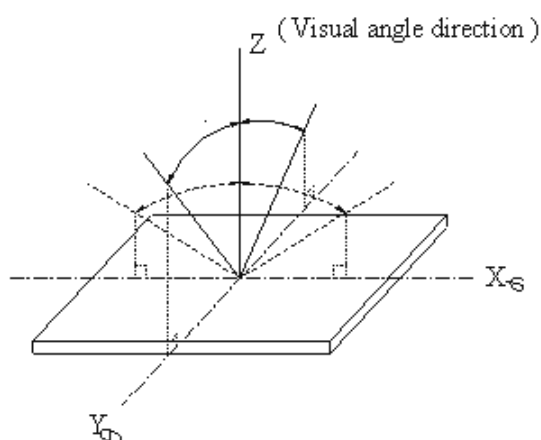
Electrical/Optical Characteristics ( $T_a=25^{\circ}C, I_f=20*3mA$ )

Color	Wavelength $\lambda_p(nm)$	Spectral line half width (nm)	Operating voltage(v) ( $\pm 0.15V$ )	Forward Current (mA)
R	---	---	2.0	18
G	---	---	3.1	18
B	---	---	3.1	18

## 6. Optical Characteristics

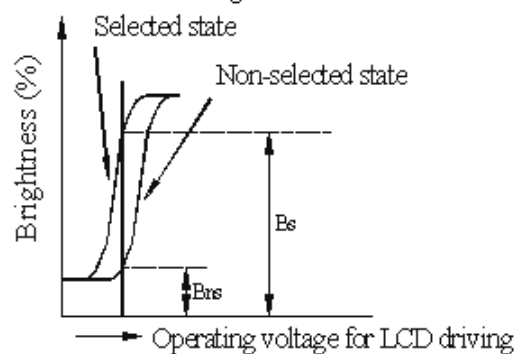
ITEM	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNIT
View Angle	(V)	CR 2	10	-	120	deg.
	(H)	CR 2	-45	-	45	deg.
Contrast Ratio	CR	-	-	5	-	-
Response Time	T rise	-	-	200	300	ms
	T fall	-	-	150	200	ms

### ■ View Angles

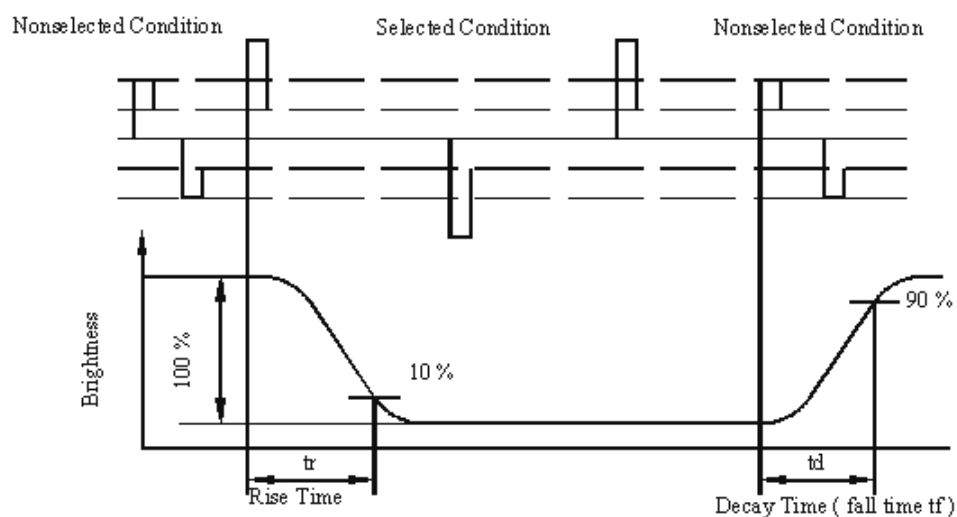


### ■ Contrast Ratio

$$CR = \frac{\text{Brightness at selected state (BS)}}{\text{Brightness at non-selected state (Bns)}}$$



### ■ Response time

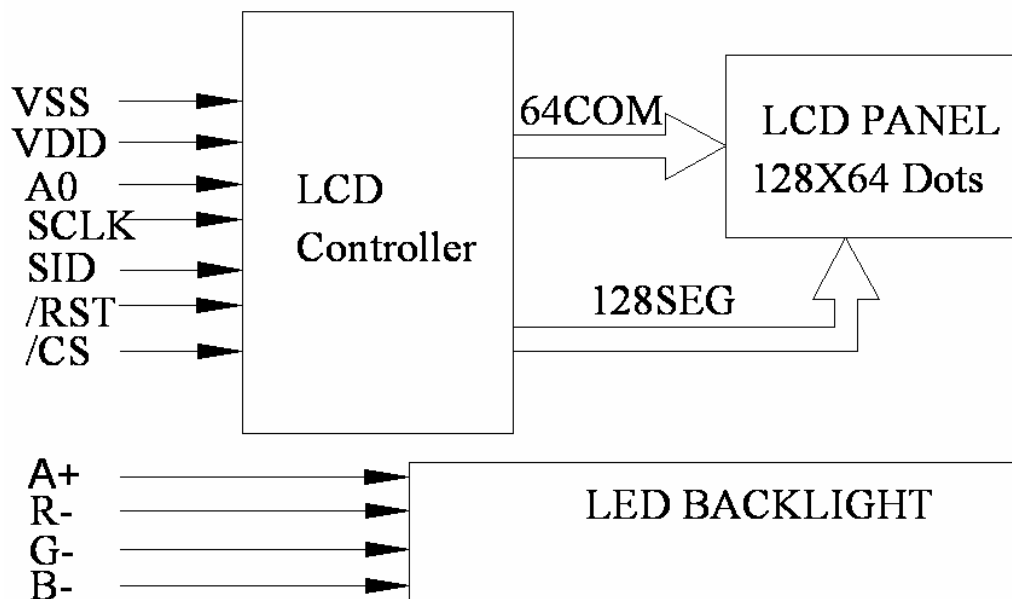
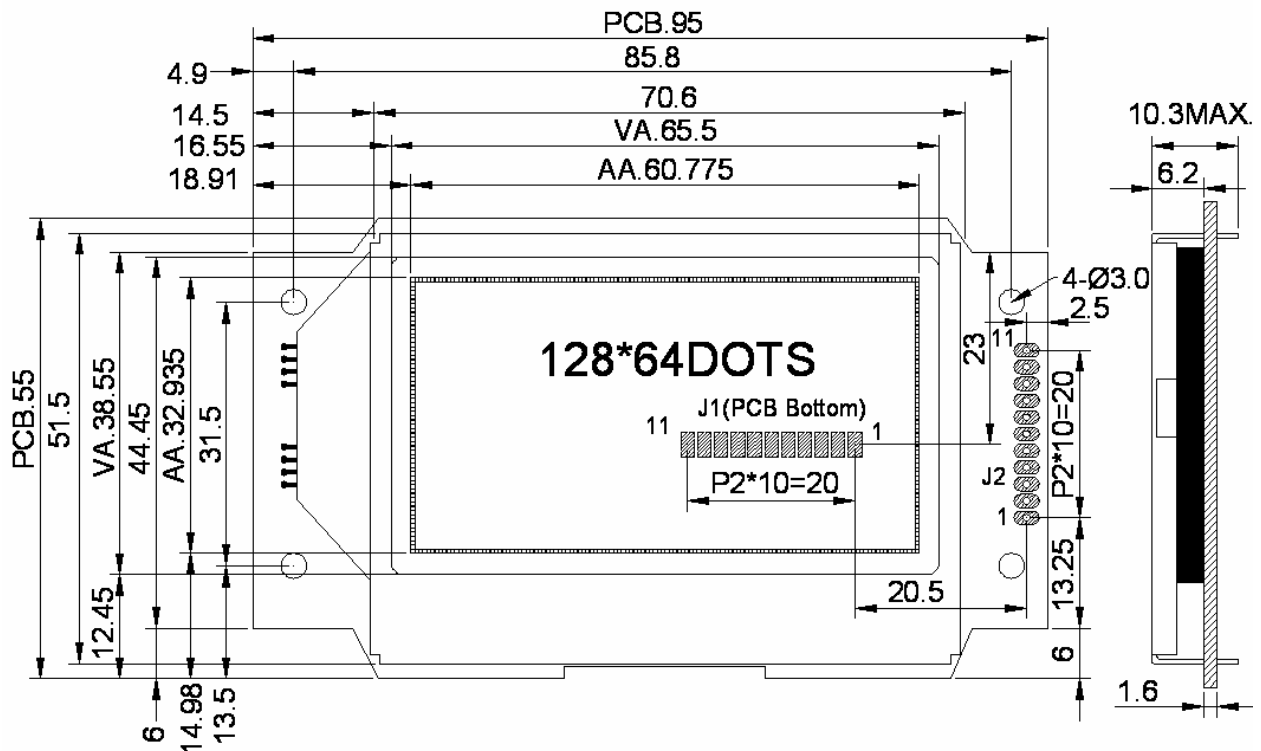




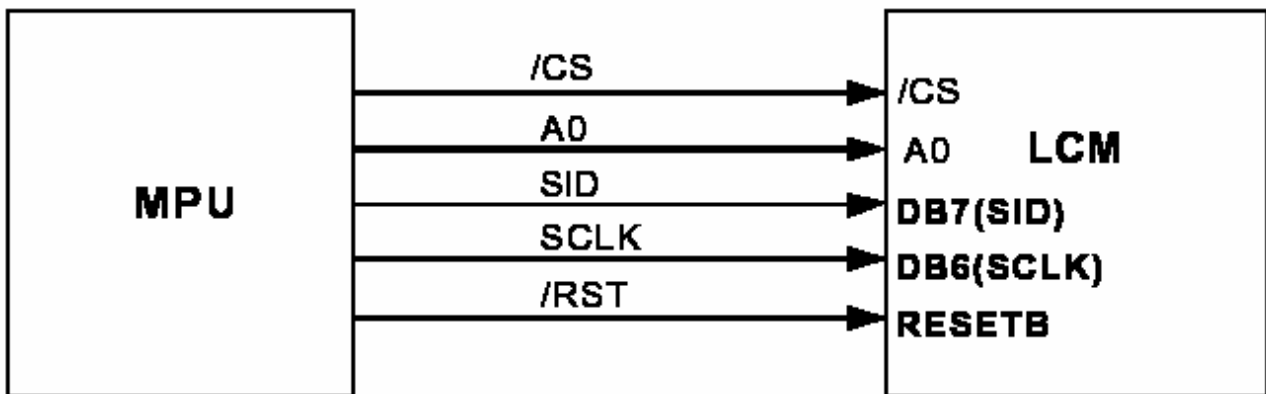
**7.Interface Description**

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	/CS	L	Chip select input pins.Low active
2	/RST	L	When /RST is "L", initialization is executed.
3	A0	H/L	Register select input pin A0 = "H": "A0" are display data A0 = "L": "A0" are control data
4	SCLK	H/L	Serial input clock(SCLK)
5	SID	H/L	Serial input data (SID)
6	V <sub>DD</sub>	3.0V	Power supply for Logic
7	V <sub>SS</sub>	0V	Ground
8	R(LED-)	0V	Cathode of Red LED Backlight
9	A(LED+)	3.0V	Anode of LED Backlight
10	G(LED-)	0V	Cathode of Green LED Backlight
11	B(LED-)	0V	Cathode of Blue LED Backlight

## 8. Contour Drawing & Block Diagram



## 9. Application circuit



## 10. LCM Function Description

The LCM built-in Sitronix ST7565P. ST7565P is a single chip driver & controller LSI for graphic dot-matrix liquid crystal display systems. This chip can be connected directly to a microprocessor, accepts serial or 8-bit parallel display data from the microprocessor, stores the display data in an on-chip display data RAM of 65 x 132 bits and generates a liquid crystal display drive signal independent of the microprocessor. It provides a high-flexible display section due to 1-to-1 correspondence between on-chip display data RAM bits and LCD panel pixels. It contains 65 common driver circuits and 132 segment driver circuits, so that a single chip can drive a 65 x 132 dot display. And the capacity of the display can be increased through the use of master/slave multi-chip structures.

These chip are able to minimize power consumption because it performs display data RAM read/write operation with no external operation clock. In addition, because it contains power supply circuits necessary to drive liquid crystal, which is a display clock oscillator circuit, high performance voltage converter circuit, high-accuracy voltage regulator circuit, low power consumption voltage divider resistors and OP-Amp for liquid crystal driver power voltage, it is possible to make the lowest power consumption display system with the fewest components for high performance portable systems.

### On-chip Display Data RAM

- Capacity:  $65 \times 132 = 8,580$  bits
- RAM bit data " 1 " : a dot of display is illuminated.
- RAM bit data " 0 " : a dot of display is not illuminated.

### Various Function Set

- Display ON/OFF, set initial display line, set page address, set column address, read status, write/ read display data, select segment driver output, reverse display ON/OFF, entire display ON/OFF, select LCD bias, set/reset modify-read, select common driver output, control display power circuit, select internal regulator resistor ratio for V0 voltage regulation, electronic volume, set static indicator state.
- H/W and S/W reset available
- Static drive circuit equipped internally for indicators with 4 flashing modes

### Built-in Analog Circuit

- On-chip oscillator circuit for display clock (external clock can also be used)
- High performance voltage converter (with booster ratios of x2, x3, x4 and x5, where the step-up reference voltage can be used externally)

- High accuracy voltage regulator (temperature coefficient: -0.05%/°C or external input)
- Electronic contrast control function (64 steps)
- Vref = 2.1V ± 3% (V0 voltage adjustment voltage)
- High performance voltage follower (V1 to V4 voltage divider resistors and OP-Amp for increasing drive capacity)

## Operating Voltage Range

- Supply voltage (VDD): 2.4 to 3.6 V
- LCD driving voltage (VLCD = V0 - VSS): 4.5 to 13.0 V

## Low Power Consumption

- Operating power: 400uA typical. (Condition: VDD = 3V, x 4 boosting(VCI is VDD),V0 = 11V, internal power supply ON, display OFF and normal mode is selected)
- Standby power: 30uA maximum. (During power save [standby] mode)

## Microprocessor interface

- High-speed 8-bit parallel interface with 6800-series or 8080-series. (These LCM masked).
- Serial interface (only write operation) available. (These LCM available).

## Chip Select Input

There are /CS1 pins for chip selection. The LCM can interface with an MPU only when /CS is "L". When these pins are set to any other combination, RS, E\_RDB, and RW\_WRB inputs are disabled and DB0 to DB7 are to be high impedance. And, in case of serial interface, the internal shift register and the counter are reset.

## Parallel / Serial Interface (These LCM use serial interface only)

LCM used ST7565P has three types of interface with an MPU, which are one serial and two parallel interfaces.

**This parallel or serial interface is determined by PS pin as shown in following table.**

PS	Type	CS1B	CS2	C68	Interface mode
H	Parallel	CS1B	CS2	H	6800-series MPU mode
				L	8080-series MPU mode
L	Serial	CS1B	CS2	*	Serial-mode

**\*: Don't care**

## Parallel interface (PS = "H")

The 8-bit bi-directional data bus is used in parallel interface and the type of MPU is selected by C68 as shown in following table.

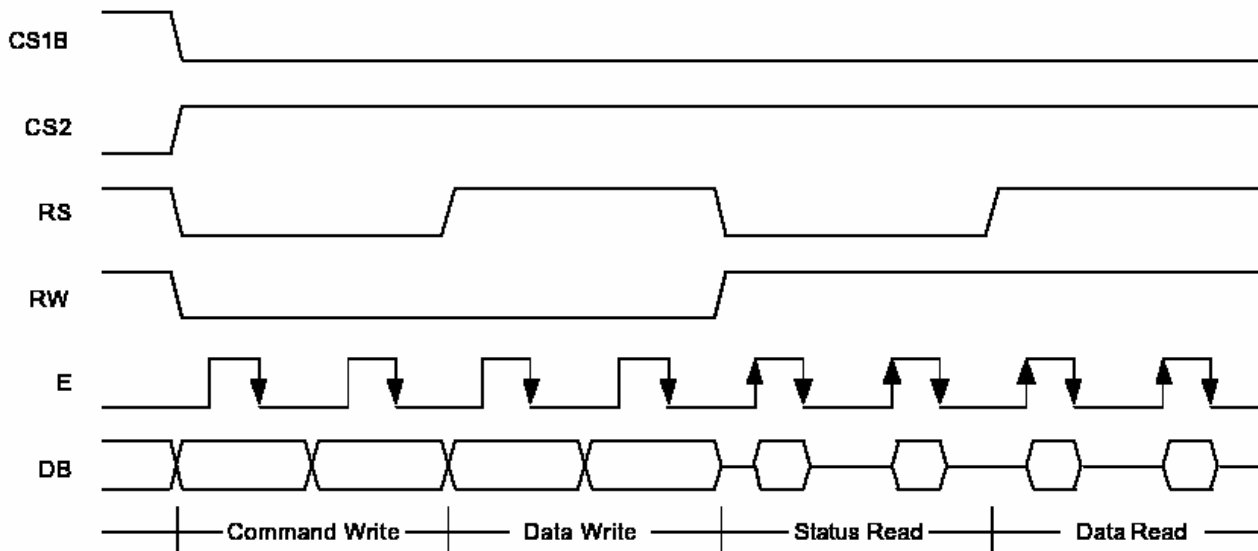
### Microprocessor Selection for Parallel Interface

C68	CS1B	CS2	RS	E_RDB	RW_WRB	DB0 to DB7	Interface mode
H	CS1B	CS2	RS	E	RW	DB0 to DB7	6800-series
L	CS1B	CS2	RS	/RDB	/WR	DB0 to DB7	8080-series

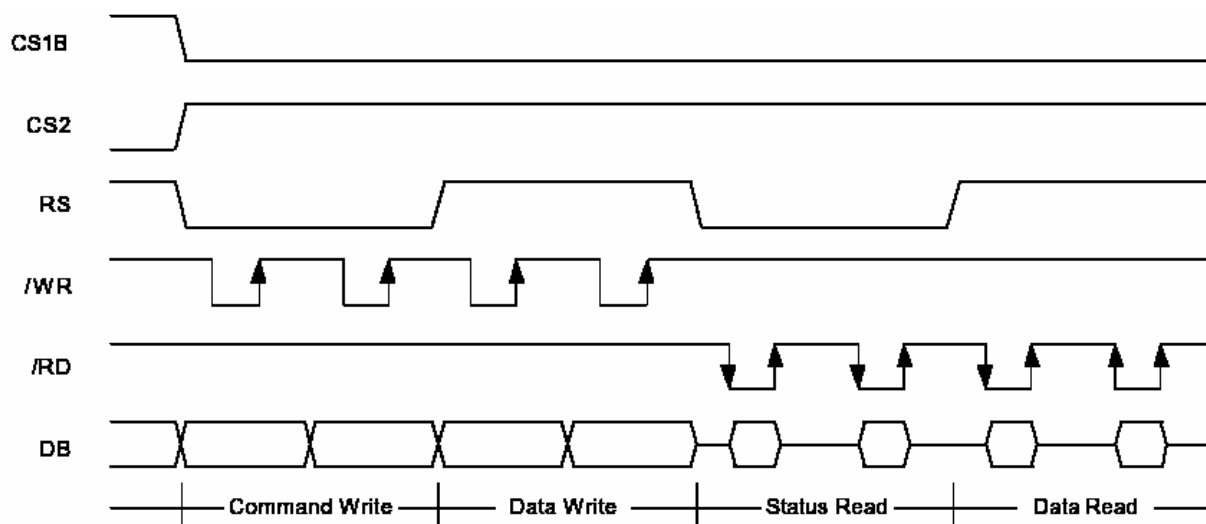
The type of data transfer is determined by signals at RS, E\_RDB and RW\_WRB as following Table.

### Parallel Data Transfer

Common	6800-series		8080-series		Description
RS	E_RDB	RW_WRB	E_RDB	RW_WRB	
H	H	H	L	H	Display data read out
H	H	L	H	L	Display data write
L	H	H	L	H	Register status read
L	H	L	H	L	Writes to internal register (instruction)



**Figure 1. 6800-Series MPU Interface protocol (PS="H", MI="H")**



**Figure 2. 8080-Series MPU Interface Protocol (PS="H", MI="L")**

## Serial Interface (PS = "L")

When the ST7565P is active, serial data (DB7) and serial clock (DB6) inputs are enabled. And not active, the internal 8-bit shift register and the 3-bit counter are reset. Serial data can be read on the rising edge of serial clock going into DB6 and processed as 8-bit parallel data on the eighth serial clock. Serial data input is display data when RS is high and control data when RS is low. Since the clock signal (DB6) is easy to be affected by the external noise caused by the line length, the operation check on the actual machine is recommended.

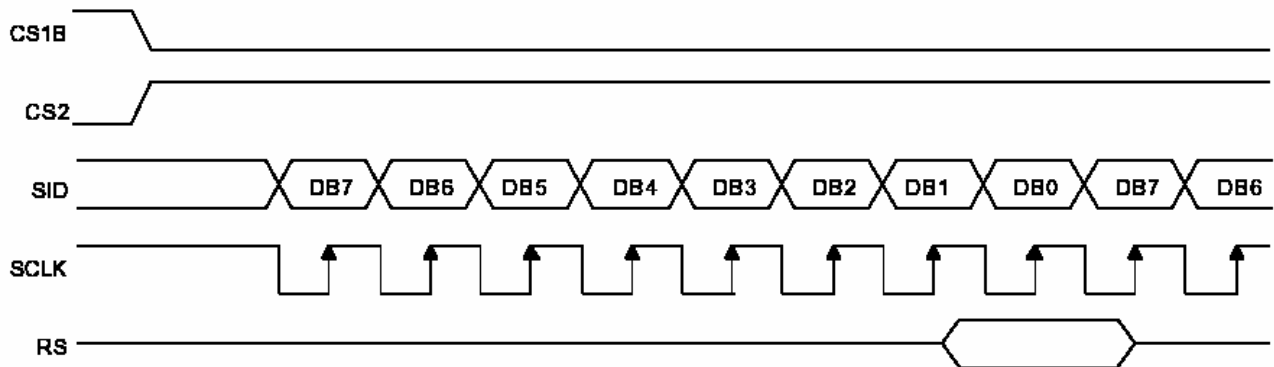


Figure 3. Serial Interface Protocol

## Busy Flag (For parallel interface only)

The Busy Flag indicates whether the LCM is operating or not. When DB7 is "H" in read status operation, this device is in busy status and will accept only read status instruction. If the cycle time is correct, the microprocessor needs not to check this flag before each instruction, which improves the MPU performance.

## DISPLAY DATA RAM (DDRAM)

The Display Data RAM stores pixel data for the LCD. It is 65-row by 132-column addressable array. Each pixel can be selected when the page and column addresses are specified. The 65 rows are divided into 8 pages of 8 lines and the 9th page with a single line (DB0 only). Data is read from or written to the 8 lines of each page directly through DB0 to DB7. The microprocessor can read from and write to RAM through the I/O buffer. Since the LCD controller operates independently, data can be written into RAM at the same time as data is being displayed without causing the LCD flicker.

## Page Address Circuit

The LCM incorporates 4-bit Page Address register changed by only the "Set Page" instruction. Page Address 8 (DB3 is "H", but DB2, DB1 and DB0 are "L") is a special RAM area for the icons and display data DB0 is only valid. When Page Address is above 8, it is impossible to access to on-chip RAM. See in "Display Data RAM Map"

## Line Address Circuit .

This circuit assigns DDRAM a Line Address corresponding to the first line (COM0) of the display. Therefore, by setting line address repeatedly, it is possible to realize the screen scrolling and page switching without changing the contents of on-chip RAM as shown in "Display Data RAM Map" It incorporates 6-bit line address register changed by only the initial display line instruction and 6-bit counter circuit. At the beginning of each LCD frame, the contents of register are copied to the line counter which is increased by CL signal and generates the Line Address for transferring the 132-bit RAM data to the display data latch circuit. However, display data of icons are not scrolled because the MPU can not access Line Address of icons.

**Column Address Circuit**

Column Address circuit has an 8-bit preset counter that provides column address to the Display Data RAM. When set Column Address MSB / LSB instruction is issued, 8-bit [Y7:Y0] is updated. And, since this address is increased by 1 each a read or write data instruction, microprocessor can access the display data continuously. However, the counter is not increased and locked if a non-existing address above 84H. It is unlocked if a column address is set again by set Column Address MSB / LSB instruction. And the Column Address counter is independent of page address register. ADC select instruction makes it possible to invert the relationship between the Column Address and the segment outputs. It is necessary to rewrite the display data on built-in RAM after issuing ADC Select instruction.

**RESET CIRCUIT**

Setting /RST to "L" or Reset instruction can initialize internal function.

When /RST becomes "L", following procedure is occurred.

Display ON / OFF: OFF

Entire display ON / OFF: OFF(normal)

ADC select: OFF(normal)

Reverse display ON / OFF: OFF(normal)

Power control register (VC, VR, VF) = (0, 0, 0)

Serial interface internal register data clear

LCD bias ratio: 1/9 (1/65 duty), 1/8 (1/55 duty), 1/8 (1/49duty), 1/6 (1/33 duty)

On-chip oscillator OFF

Power save release

Read-modify-write: OFF

SHL select: OFF (normal)

Static indicator mode: OFF

Static indicator register: (S1, S0) = (0, 0)

Display start line: 0 (first) Column address: 0

Page address: 0

Regulator resistor select register: (R2, R1, R0) = (1, 0, 0)

Reference voltage set: OFF

Reference voltage control register: (SV5, SV4, SV3, SV2, SV1, SV0) = (1, 0, 0, 0, 0, 0)

While /RST is "L" or Reset instruction is executed, no instruction except read status could be accepted. Reset status appears at DB4. After DB4 becomes "L", any instruction can be accepted. RESETB must be connected to the reset pin of the MPU, and initialize the MPU and this LSI at the same time. The initialization by RESETB is essential before used.

## POWER SUPPLY CIRCUITS

The Power Supply circuits generate the voltage levels necessary to drive liquid crystal driver circuits with low power consumption and the fewest components. There are voltage converter circuits, voltage regulator circuits, and voltage follower circuits. They are valid only in master operation and controlled by power control instruction. For details, refers to "Instruction Description".

### Voltage Converter Circuits

These circuits boost up the electric potential between VCI and VSS to 2, 3, 4 or 5 times toward positive side and boosted voltage is outputted from VOUT pin. These LCM fixed to 4 times.

### Voltage Regulator Circuits

The function of the internal Voltage Regulator circuits is to determine liquid crystal operating voltage, V0, by adjusting resistors, Ra and Rb, within the range of  $|V0| < |VOUT|$ . Because VOUT is the operating voltage of operational-amplifier circuits, it is necessary to be applied internally or externally. For the Eq. 1, we determine V0 by Ra, Rb and VEV. The Ra and Rb are connected internally or externally by INTR pin. And VEV called the voltage of electronic volume is determined by Eq. 2, where the parameter a is the value selected by instruction, "Set Reference Voltage Register", within the range 0 to 63. VREF voltage at Ta= 25°C is shown in table 1.

$$V0 = (1 + Rb / Ra) \times VEV \quad [V] \text{ ----- (Eq. 1)}$$

$$VEV = (1 - (63 - a) / 162) \times VREF \quad [V] \text{ ----- (Eq. 2)}$$

Table 1. VREF Voltage at Ta = 25 °C

REF	Temp. coefficient	VREF [V]
H	-0.05% / °C	2.1
L	External input	VEXT

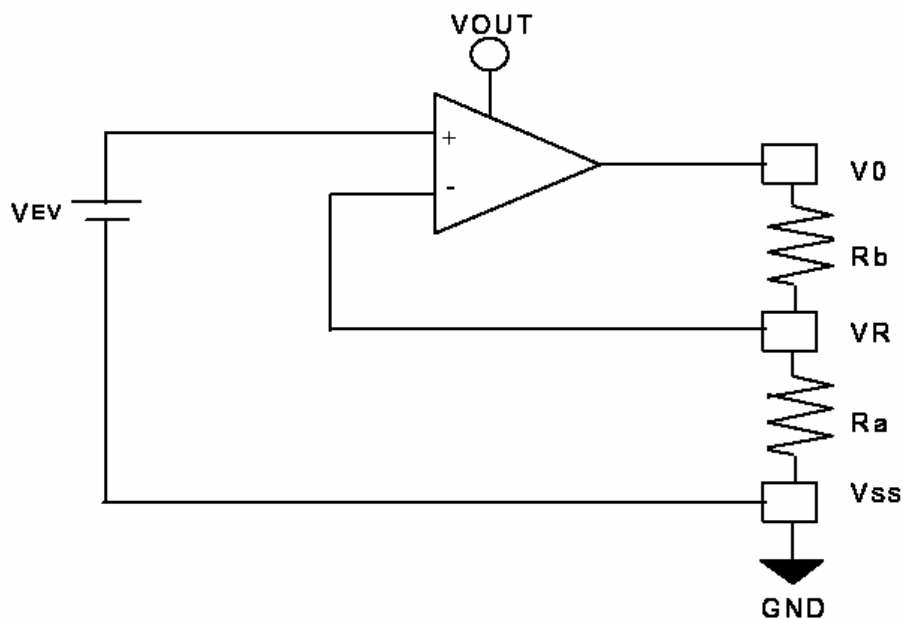


Figure 4. Internal Voltage Regulator Circuit



## In Case of Using Internal Resistors, Ra and Rb. (INTRS = "H") (LCM fixed to "L")

When INTRS pin is "H", resistor Ra is connected internally between VR pin and VSS, and Rb is connected between V0 and VR. We determine V0 by two instructions, "Regulator Resistor Select" and "Set Reference Voltage".

The following figure shows V0 voltage measured by adjusting internal regulator resistor ratio (Rb / Ra) and 6-bit electronic volume registers for each temperature coefficient at Ta = 25°C.

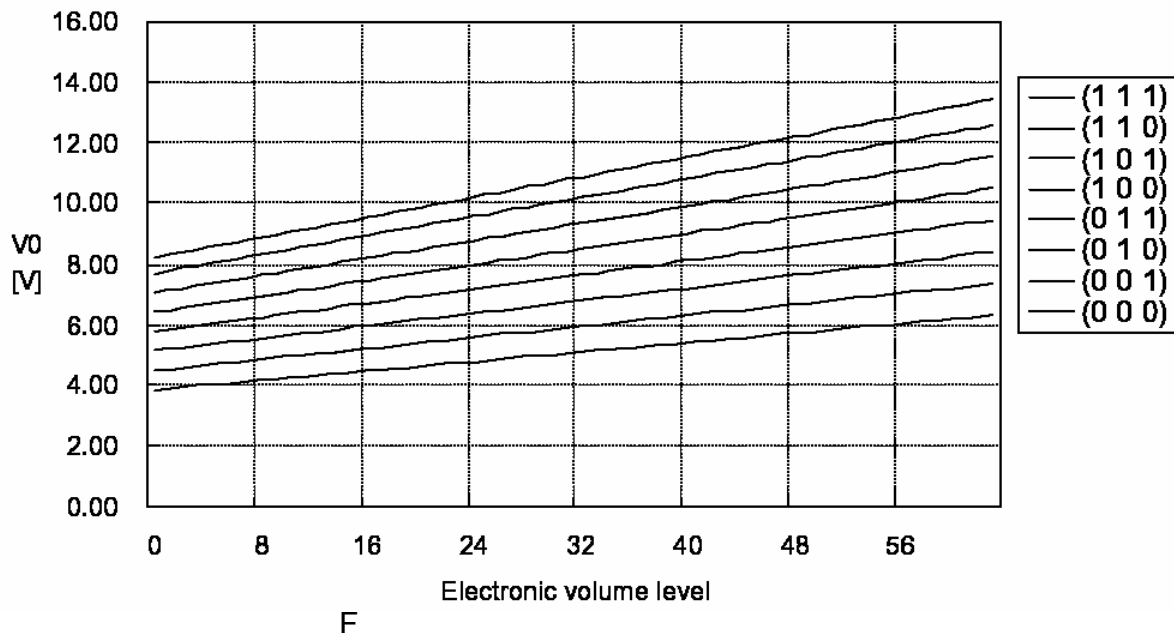


Figure 5. Electronic Volume Level

## In Case of Using External Resistors, Ra and Rb. (INTRS = "L")

When INTRS pin is "L", it is necessary to connect external regulator resistor Ra between VR and VSS, and Rb between V0 and VR. Example: For the following requirements

1. LCD driver voltage, V0 = 10V
2. 6-bit reference voltage register = (1, 0, 0, 0, 0, 0)
3. Maximum current flowing Ra, Rb = 1uA From Eq. 1  

$$10 = (1 + Rb / Ra) \times V_{EV} \text{ [V]} \text{ ----- (Eq. 3)}$$
 From Eq. 2

$$V_{EV} = (1 - (63 - 32) / 162) \times 2.1 = 1.698 \text{ [V]} \text{ ----- (Eq. 4)}$$

From requirement 3.

$$10 / (Rb + Ra) = 1 \text{ [uA]} \text{ ----- (Eq. 5) From equations Eq.3, 4 and 5}$$

$$Ra @ 1.69 \text{ [MW]} \quad Rb @ 8.31 \text{ [MW]}$$

The following table shows the range of V0 depending on the above requirements.

**Table 2. V0 Depending on Electronic Volume Level**

	Electronic volume level				
	0	...	32	...	63
V0	7.57	...	10.00	...	12.43

## 11. User instruction Definitions

### 11.1 Instruction table

Command	Command Code											Function
	A0	/RD	/WR	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
(1) Display ON/OFF	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	LCD display ON/OFF 0: OFF, 1: ON
(2) Display start line set	0	1	0	0	1	Display start address					Sets the display RAM display start line address	
(3) Page address set	0	1	0	1	0	1	1	Page address				Sets the display RAM page address
(4) Column address set upper bit	0	1	0	0	0	0	1	Most significant column address				Sets the most significant 4 bits of the display RAM column address.
Column address set lower bit	0	1	0	0	0	0	0	Least significant column address				Sets the least significant 4 bits of the display RAM column address.
(5) Status read	0	0	1	Status				0	0	0	0	Reads the status data
(6) Display data write	1	1	0	Write data							Writes to the display RAM	
(7) Display data read	1	0	1	Read data							Reads from the display RAM	
(8) ADC select	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	Sets the display RAM address SEG output correspondence 0: normal, 1: reverse
(9) Display normal/reverse	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Sets the LCD display normal/reverse 0: normal, 1: reverse
(10) Display all points ON/OFF	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	Display all points 0: normal display 1: all points ON
(11) LCD bias set	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	Sets the LCD drive voltage bias ratio 0: 1/9 bias, 1: 1/7 bias (ST7565R)
(12) Read/modify/write	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	Column address increment At write: +1 At read: 0
(13) End	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Clear read/modify/write
(14) Reset	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	Internal reset
(15) Common output mode select	0	1	0	1	1	0	0	0	*	*	*	Select COM output scan direction 0: normal direction 1: reverse direction
(16) Power control set	0	1	0	0	0	1	0	1	Operating mode			Select internal power supply operating mode
(17) Vo voltage regulator internal resistor ratio set	0	1	0	0	0	1	0	0	Resistor ratio			Select internal resistor ratio(Rb/Ra) mode
(18) Electronic volume mode set Electronic volume register set	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	Set the Vo output voltage electronic volume register
(19) Static indicator ON/OFF Static indicator register set	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0: OFF, 1: ON Set the flashing mode
(20) Booster ratio set	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	select booster ratio 00: 2x,3x,4x 01: 5x 11: 6x
(21) Power saver												Display OFF and display all points ON compound command
(22) NOP	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	Command for non-operation
(23) Test	0	1	0	1	1	1	1	*	*	*	*	Command for IC test. Do not use this command

## 11.2 Instruction Description

**1) Display ON / OFF** Turns the Display ON or OFF

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	0	1	1	1	DON

DON = 1: display ON

DON = 0: display OFF

**2) Initial Display Line**

Sets the line address of display RAM to determine the Initial Display Line. The top row (COM0 when SHL= L, COM63 when SHL = H) of LCD panel.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	ST5	ST4	ST3	ST2	ST1	ST0

ST5	ST4	ST3	ST2	ST1	ST0	Line address
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	1
:	:	:	:	:	:	:
1	1	1	1	1	0	62
1	1	1	1	1	1	63

**3) Set Page Address**

Sets the Page Address of display data RAM from the microprocessor into the Page Address register. Any RAM data bit can be accessed when its Page Address and column address are specified. Along with the column address, the Page Address defines the address of the display RAM to write or read display data. Changing the Page Address doesn't effect to the display status.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	1	P3	P2	P1	P0

P3	P2	P1	P0	Page address
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
:	:	:	:	:
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8

**4) Set Column Address**

Sets the Column Address of display RAM from the microprocessor into the Column Address register. Along with the Column Address, the Column Address defines the address of the display RAM to write or read display data. When the microprocessor reads or writes display data to or from display RAM, Column Addresses are automatically increased.

**Set Column Address MSB**

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	Y7	Y6	Y5	Y4

## Set Column Address LSB

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	Y3	Y2	Y1	Y0

Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	Column address
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1
:	:	:	:	:	:	:	:	:
1	0	0	0	0	0	1	0	130
1	0	0	0	0	0	1	1	131

## 5) Read Status (For parallel interface only)

Indicates the internal status of the LCM

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BUSY	ADC	ON/OFF	/RST	0	0	0	0

Flag	Description
BUSY	The device is busy when internal operation or reset. Any instruction is rejected until BUSY goes Low. 0: chip is active, 1: chip is being busy.
ADC	Indicates the relationship between RAM column address and segment driver 0: reverse direction (SEG131---SEG0), 1: normal direction (SEG0---SEG131)
ON/OFF	Indicates display ON/OFF status 0: display ON, 1: display OFF
/RST	Indicates the initialization is in progress by /RST signal 0: chip is active, 1: chip is being reset

## 6) Write Display Data

8-bit data of display data from the microprocessor can be written to the RAM location specified by the column address and page address. The column address is increased by 1 automatically so that the microprocessor can continuously write data to the addressed page.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	Write data							

## 7) Read Display Data

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	Read data							

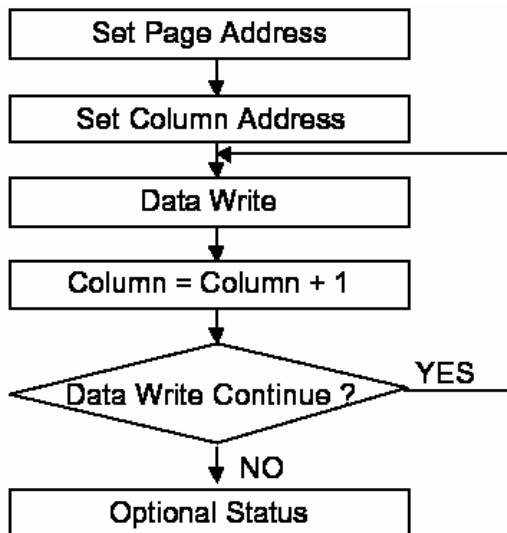


Figure 6. Sequence for Writing Display Data

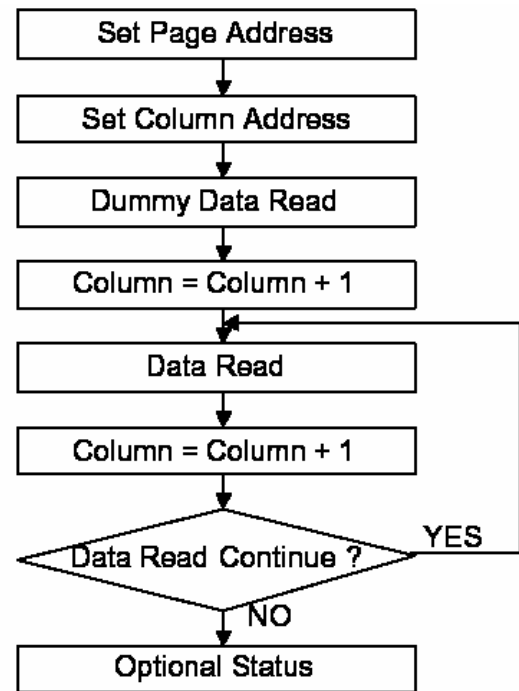


Figure7. Sequence for Reading Display Data

## 8) ADC Select (Segment Driver Direction Select)

Changes the relationship between RAM column address and segment driver. The direction of segment driver output pins can be reversed by software. This makes IC layout flexible in LCD module assembly.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	ADC

ADC = 0: normal direction (SEG0---SEG131)

ADC = 1: reverse direction (SEG131---SEG0)

## 9) Reverse Display ON / OFF

Reverses the display status on LCD panel without rewriting the contents of the display data RAM.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	0	0	1	1	REV

REV	RAM bit data = "1"	RAM bit data = "0"
0(normal)	LCD pixel is illuminated	LCD pixel is not illuminated
0(reverse)	LCD pixel is not illuminated	LCD pixel is illuminated

## 10) Entire Display ON / OFF

Forces the whole LCD points to be turned on regardless of the contents of the display data RAM. At this time, the contents of the display data RAM are held. This instruction has priority over the reverse display ON / OFF instruction.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	0	0	1	0	EON

EON = 0: normal display

EON = 1: entire display ON

## 11) Select LCD Bias

Selects LCD bias ratio of the voltage required for driving the LCD.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	0	0	0	1	Bias

Bias = 0: 1/9 Duty      Bias = 1: 1/7 Duty

## 12) Set Modify-Read

This instruction stops the automatic increment of the column address by the read display data instruction, but the column address is still increased by the write display data instruction. And it reduces the load of microprocessor when the data of a specific area is repeatedly changed during cursor blinking or others. This mode is canceled by the reset Modify-read instruction.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0

## 13) Reset Modify-Read

This instruction cancels the Modify-read mode, and makes the column address return to its initial value just before the set Modify-read instruction is started.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	1	1	0	1	1	1	0

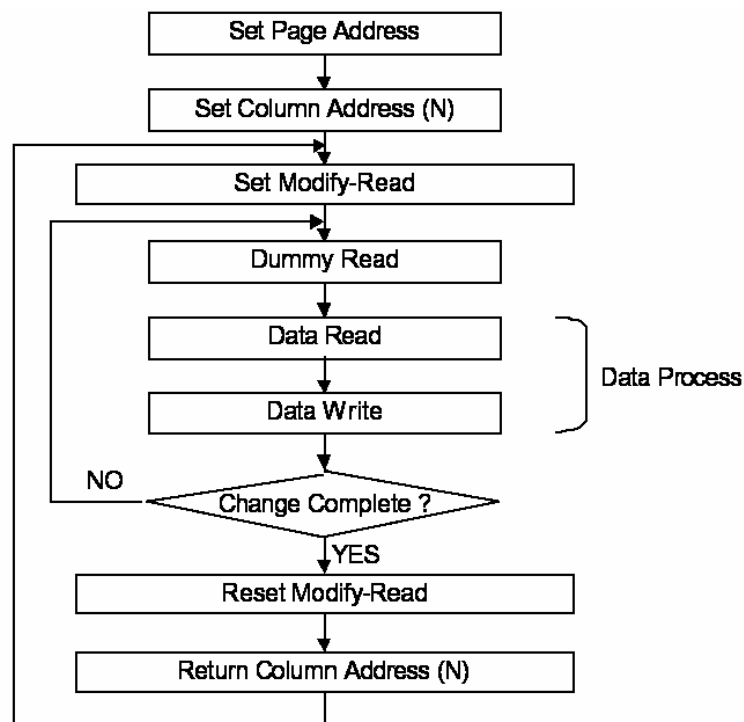


Figure 8. Sequence for Cursor Display

## 14) Reset

This instruction resets initial display line, column address, page address, and common output status select to their initial status, but dose not affect the contents of display data RAM. This instruction cannot initialize the LCD power supply, which is initialized by the /RST pin.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	1	1	0	0	0	1	0

## 15) SHL Select (Common Output Mode Select)

COM output scanning direction is selected by this instruction which determines the LCD driver output status. \*: Don't care

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	1	0	0	SHL	*	*	*

SHL = 0: normal direction (COM0--- COM63)

SHL = 1: reverse direction (COM63---COM0)

## 16) Power Control

Selects one of eight power circuit functions by using 3-bit register. An external power supply and part of internal power supply functions can be used simultaneously.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	0	1	VC	VR	VF

VC	VR	VF	Page address
0			Internal voltage converter circuit is OFF
1			Internal voltage converter circuit is ON
	0		Internal voltage regulator circuit is OFF
	1		Internal voltage regulator circuit is ON
		0	Internal voltage follower circuit is OFF
		1	Internal voltage follower circuit is ON

## 17) Regulator Resistor Select

Selects resistance ratio of the internal resistor used in the internal voltage regulator. See voltage regulator section in power supply circuit. Refer to the following table.

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	0	0	R2	R1	R0

R2	R1	R0	(1 + Rb / Ra) ratio
0	0	0	3.0
0	0	1	3.5
0	1	0	4.0
0	1	1	4.5
1	0	0	5.0 (default)
1	0	1	5.5
1	1	0	6.0
1	1	1	6.4

## 18) Reference Voltage Select

Consists of 2-byte instruction. The 1st instruction sets reference voltage mode, the 2 one updates the contents of reference voltage register. After second instruction, reference voltage mode is released.

### The 1<sup>st</sup> Instruction: Set Reference Voltage Select Mode

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

### The 2<sup>nd</sup> Instruction: Set Reference Voltage Register

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	x	X	SV5	SV4	SV3	SV2	SV1	SV0

SV5	SV4	SV3	SV2	SV1	SV0	Reference voltage parameter (a)	V0	Contrast
0	0	0	0	0	0	0	Minimum	Low
0	0	0	0	0	1	1	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
1	0	0	0	0	0	32 (default)	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:
1	1	1	1	1	0	62	:	:
1	1	1	1	1	1	63	Maximum	High

## 19) Set Static Indicator State

Consists of two bytes instruction. The first byte instruction (set Static Indicator mode) enables the second byte instruction (set Static Indicator register) to be valid. The first byte sets the Static Indicator ON / OFF. When it is ON, the second byte updates the contents of Static Indicator register without issuing any other instruction and this Static Indicator state is released after setting the data of indicator register.

### The 1st Instruction: Set Static Indicator Mode (ON / OFF)

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	0	1	0	1	1	0	SM

SM = 0: static indicator OFF

SM = 1: static indicator ON

### The 2nd Instruction: Set Static Indicator Register

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	x	x	x	x	x	x	S1	S0

S1	S0	Status of static indicator output
0	0	OFF
0	1	ON (about 1 second blinking)
1	0	ON (about 0.5 second blinking)
1	1	ON (always ON)

## 20)NOP No Operation Instruction

RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	x	x	x	x	x	x	S1	S0



## 21) Power Save (Compound Instruction)

If the entire display ON/OFF instruction is issued during the display OFF state, ST7565P enters the Power Save status to reduce the power consumption to the static power consumption value. According to the status of static indicator mode, Power Save is entered to one mode of sleep and standby mode. When Static Indicator mode is ON, standby mode is issued. When OFF, sleep mode is issued. Power Save mode is released by the entire display OFF instruction.

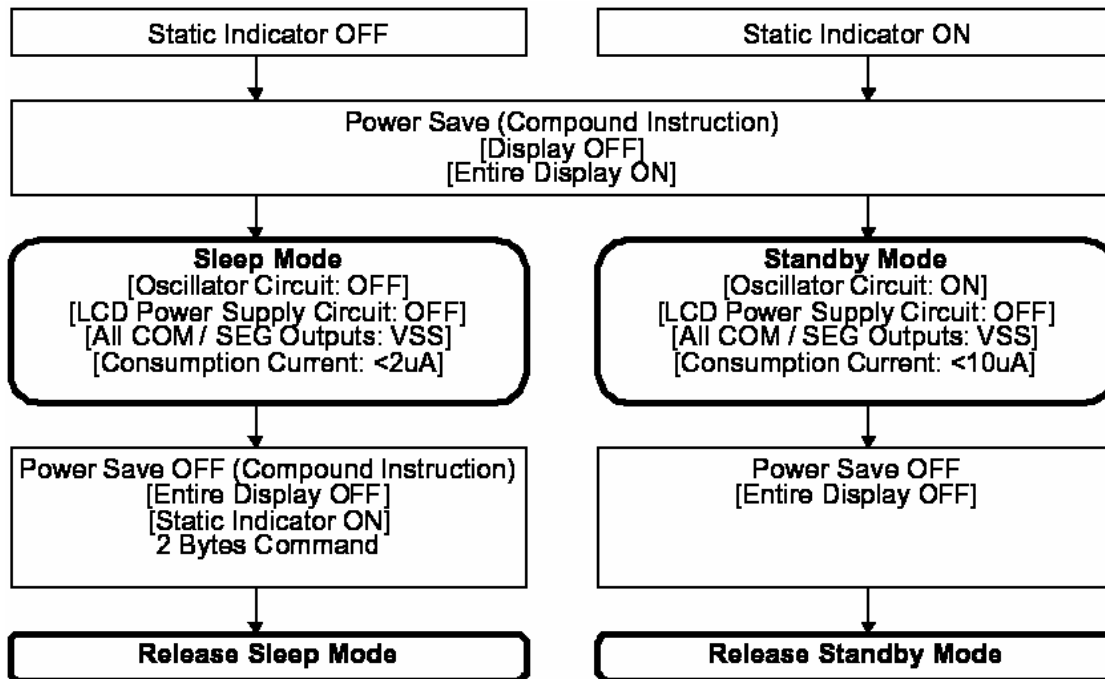


Figure 9. Power Save (Compound Instruction)

### -Sleep Mode

This stops all operations in the LCD display system, and as long as there are no access from the MPU, the consumption current is reduced to a value near the static current. The internal modes during sleep mode are as follows:

- The oscillator circuit and the LCD power supply circuit are halted.VSS level.
- All liquid crystal drive circuits are halted, and the segment in common drive outputs output a VSS level.

### - Standby Mode

The duty LCD display system operations are halted and only the static drive system for the indicator

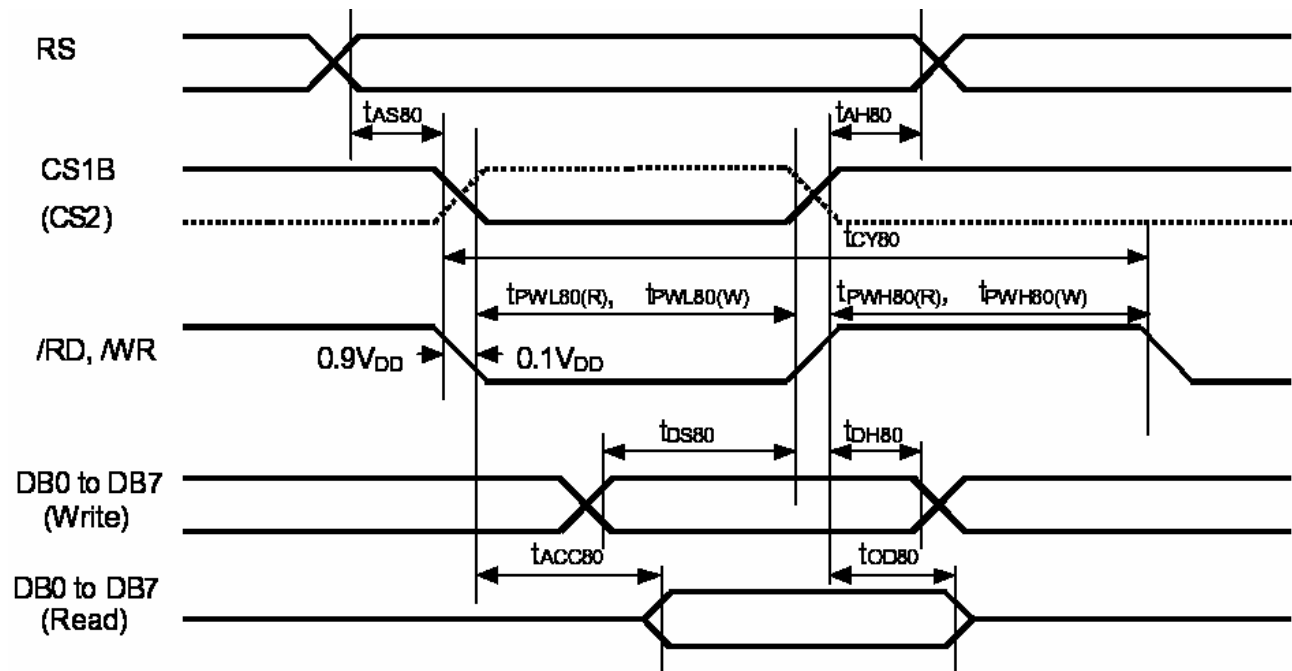
continues to operate, providing the minimum required consumption current for the static drive. The internal modes are in the following states during standby mode.

- The LCD power supply circuits are halted. The oscillator circuit continues to operate.
- The duty drive system liquid crystal drive circuits are halted and the segment and common driver outputs a VSS level. The static drive system does not operate.

When a reset command is performed while in standby mode, the system enters sleep mode.

## 12. Timing Characteristics

Read / Write Characteristics (8080-series MPU) **(For parallel interface only)**



\*\*  $t_{PWL80(W)}$  and  $t_{PWL80(R)}$  is specified in the overlapped period when CS1B is low (CS2 is high) and  $\overline{WR}/\overline{RD}$  is low.

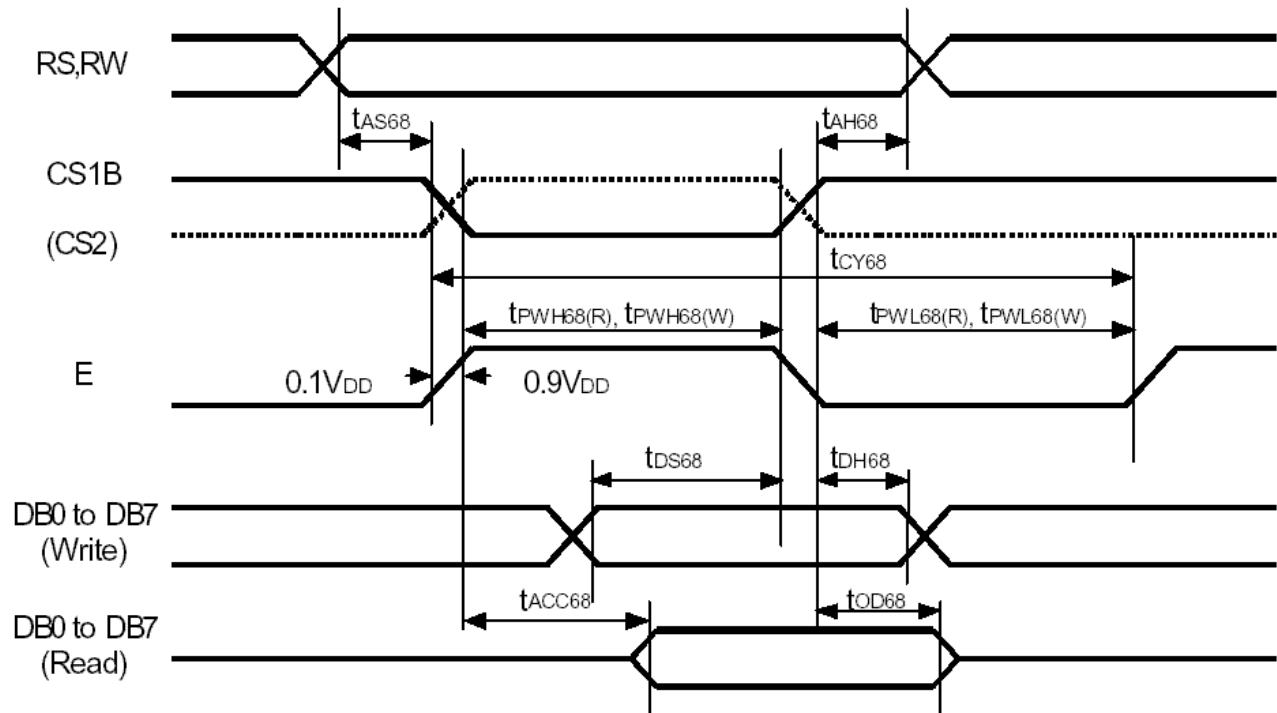
Figure 10. Read / Write Characteristics (8080-series MPU)

( $V_{DD} = 2.4$  to  $3.6V$ ,  $T_a = -40$  to  $+85^{\circ}C$ )

Item	Signal	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Remark
Address setup time	RS	$t_{AS80}$	0	-	-	ns	
Address hold time	RS	$t_{AH80}$	0	-	-	ns	
System cycle time	$\overline{WR}$ , $\overline{RD}$	$t_{CY80}$	300	-	-	ns	
Enable Pulse	Read	$\overline{RD}$	$t_{PWL80(R)}$	-	-	ns	
Low width	Write	$\overline{WR}$	$t_{PWL80(W)}$	-	-	ns	
Enable Pulse	Read	$\overline{RD}$	$t_{PWH80(R)}$	-	-	ns	
High width	Write	$\overline{WR}$	$t_{PWH80(W)}$	-	-	ns	
Data setup time	DB7	$t_{DS80}$	40	-	-	ns	
Data hold time	To DB0	$t_{DH80}$	15	-	-	ns	
Read access time		$t_{ACC80}$	-	-	140	ns	CL = 100 pF
Output disable time		$t_{OD80}$	10	-	100	ns	

## Read / Write Characteristics (6800-series Microprocessor)

(For parallel interface only)



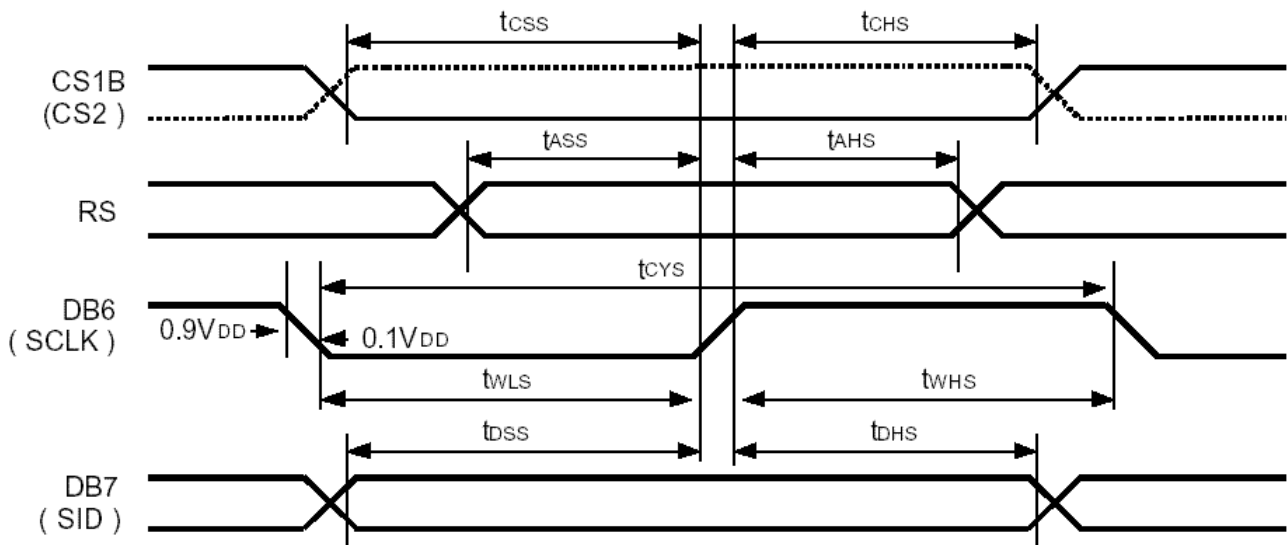
\*\*  $t_{PWH68(W)}$  and  $t_{PWH68(R)}$  is specified in the overlapped period when CS1B is low (CS2 is high) and E is high.

**Figure 11. Read / Write Characteristics (6800-series Microprocessor)**

( $V_{DD} = 2.4$  to  $3.6V$ ,  $T_a = -40$  to  $+85^{\circ}C$ )

Item	Signal	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Remark
Address setup time	RS,RW	$t_{AS68}$	0	-	-	ns	
Address hold time		$t_{AH68}$	0	-	-	ns	
System cycle time	E	$t_{CY68}$	300	-	-	ns	
Enable Pulse High Width	Read	E	$t_{PWH68(R)}$			ns	
	Write		$t_{PWH68(W)}$				
Enable Pulse Low Width	Read	E	$t_{PWL68(R)}$			ns	
	Write		$t_{PWL68(W)}$				
Data setup time Data hold time	DB7 To DB0	$t_{DS68}$	40	-	-	ns	
		$t_{DH68}$	15	-	-		
Access time Output disable time	DB7 To DB0	$t_{ACC68}$	-	-	140	ns	CL = 100 pF
		$t_{OD68}$	10	-	100		

## Serial Interface Characteristics

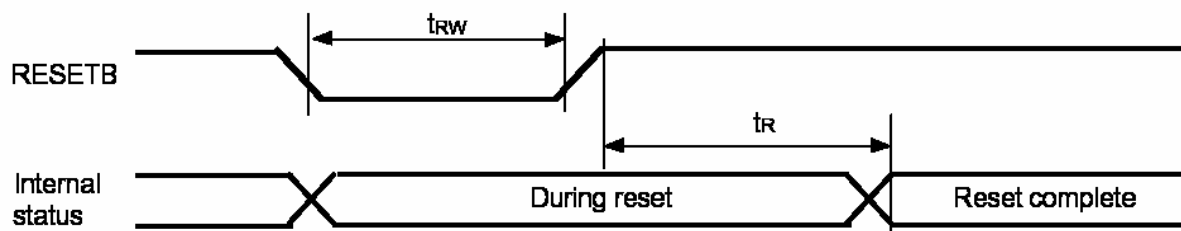


**Figure 12. Serial Interface Characteristics**

( $V_{DD} = 2.4$  to  $3.6V$ ,  $T_a = -40$  to  $+85^{\circ}C$ )

Item	Signal	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Remark
Serial clock cycle	DB6 (SCLK)	$t_{CYS}$	250	-	-	ns	
SCLK high pulse width	DB6 (SCLK)	$t_{WHS}$	100	-	-	ns	
SCLK low pulse width	DB6 (SCLK)	$t_{WLS}$	100	-	-	ns	
Address setup time	RS	$t_{ASS}$	150	-	-	ns	
Address hold time	RS	$t_{AHS}$	150	-	-	ns	
Data setup time	DB7 (SID)	$t_{DSS}$	100	-	-	ns	
Data hold time	DB7 (SID)	$t_{DHS}$	100	-	-	ns	
CS1B setup time	CS1B	$t_{CSS}$	150	-	-	ns	
CS1B hold time	CS1B	$t_{CHS}$	150	-	-	ns	

## Reset Input Timing



**Figure 13. Reset Input Timing**

( $V_{DD} = 2.4$  to  $3.6V$ ,  $T_a = -40$  to  $+85^{\circ}C$ )

Item	Signal	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Remark
Reset low pulse width	RESETB	$t_{RW}$	1.0	-	-	$\mu s$	
Reset time	-	$t_R$	-	-	1.0	$\mu s$	

### 13. Initializing flow chart

- Referential Instruction Setup Flow (1)

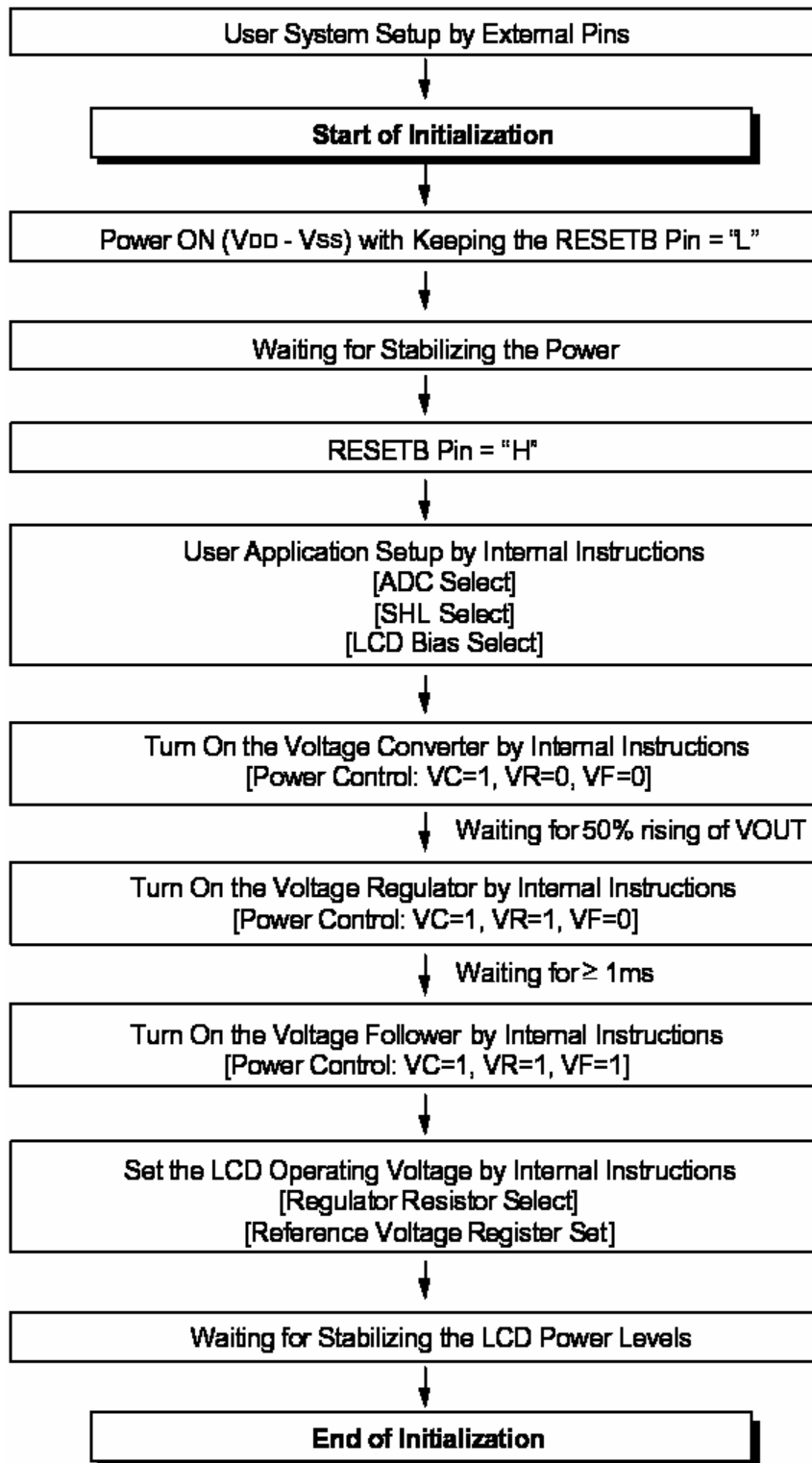


Figure 14. Initializing with the Built-in Power Supply Circuits interface mode

● Referential Instruction Setup Flow (2)

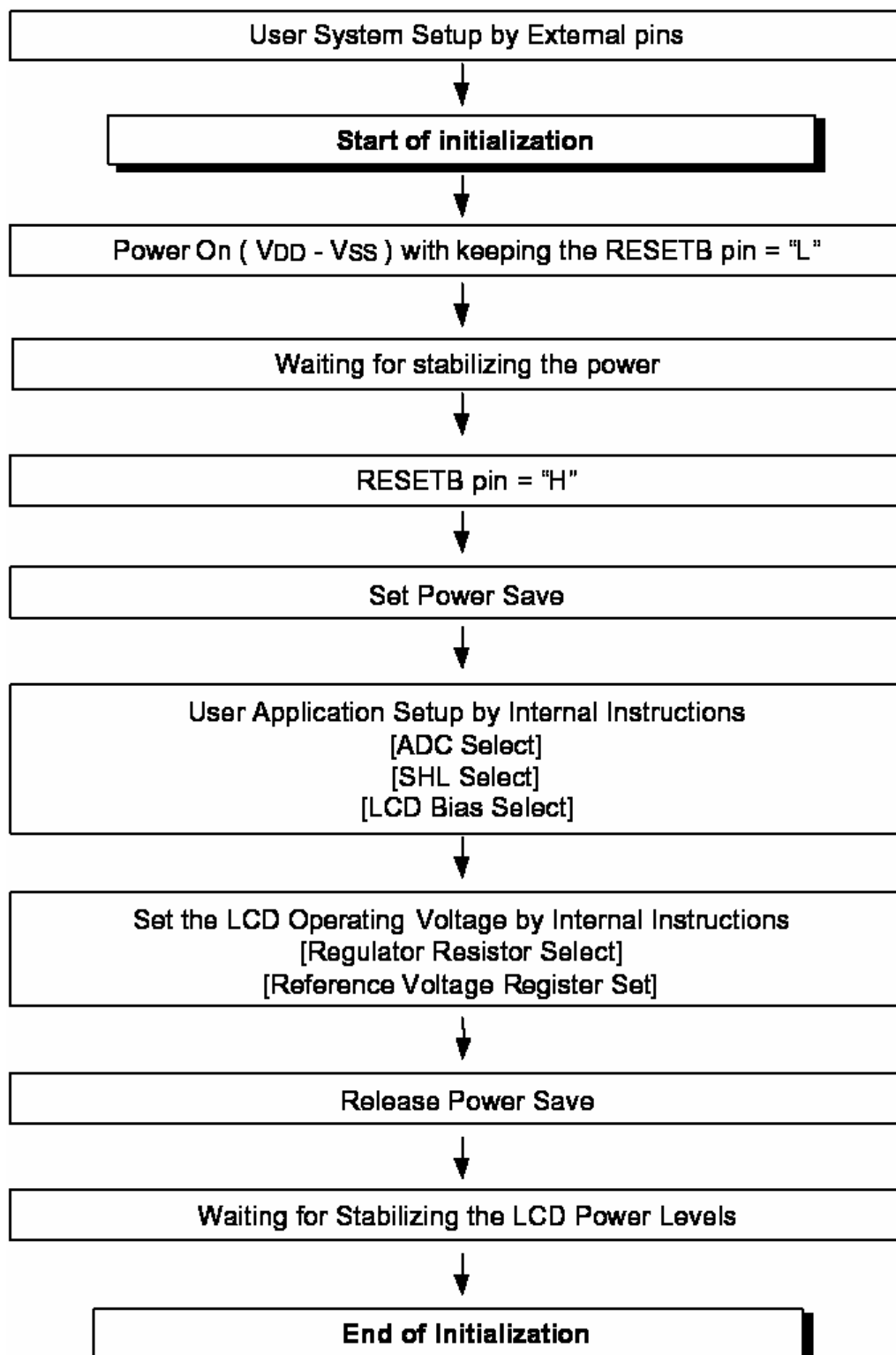


Figure 15. Initializing without the Built-in Power Supply Circuits

- Referential Instruction Setup Flow (3)

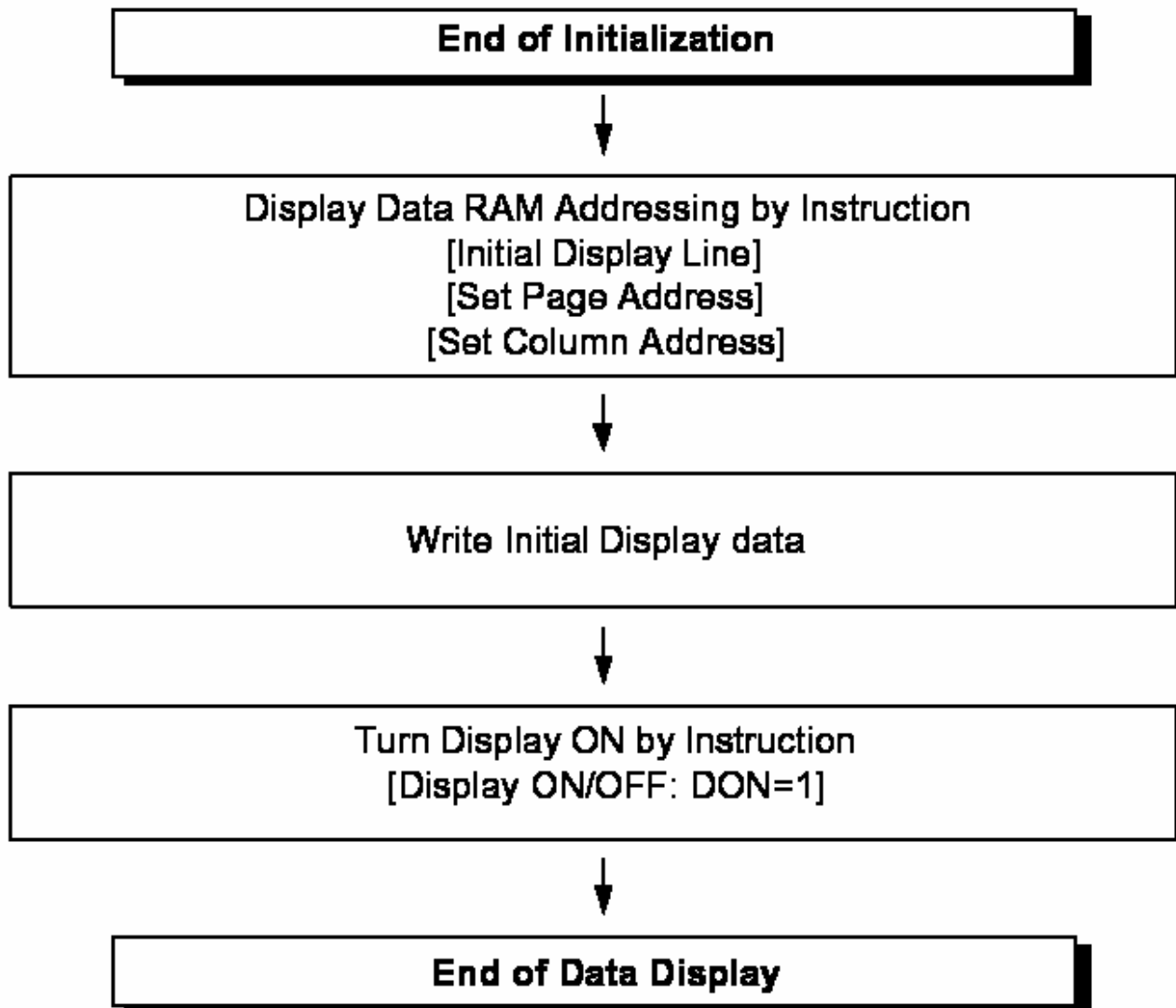


Figure 16. Data Displaying

- Referential Instruction Setup Flow (4)

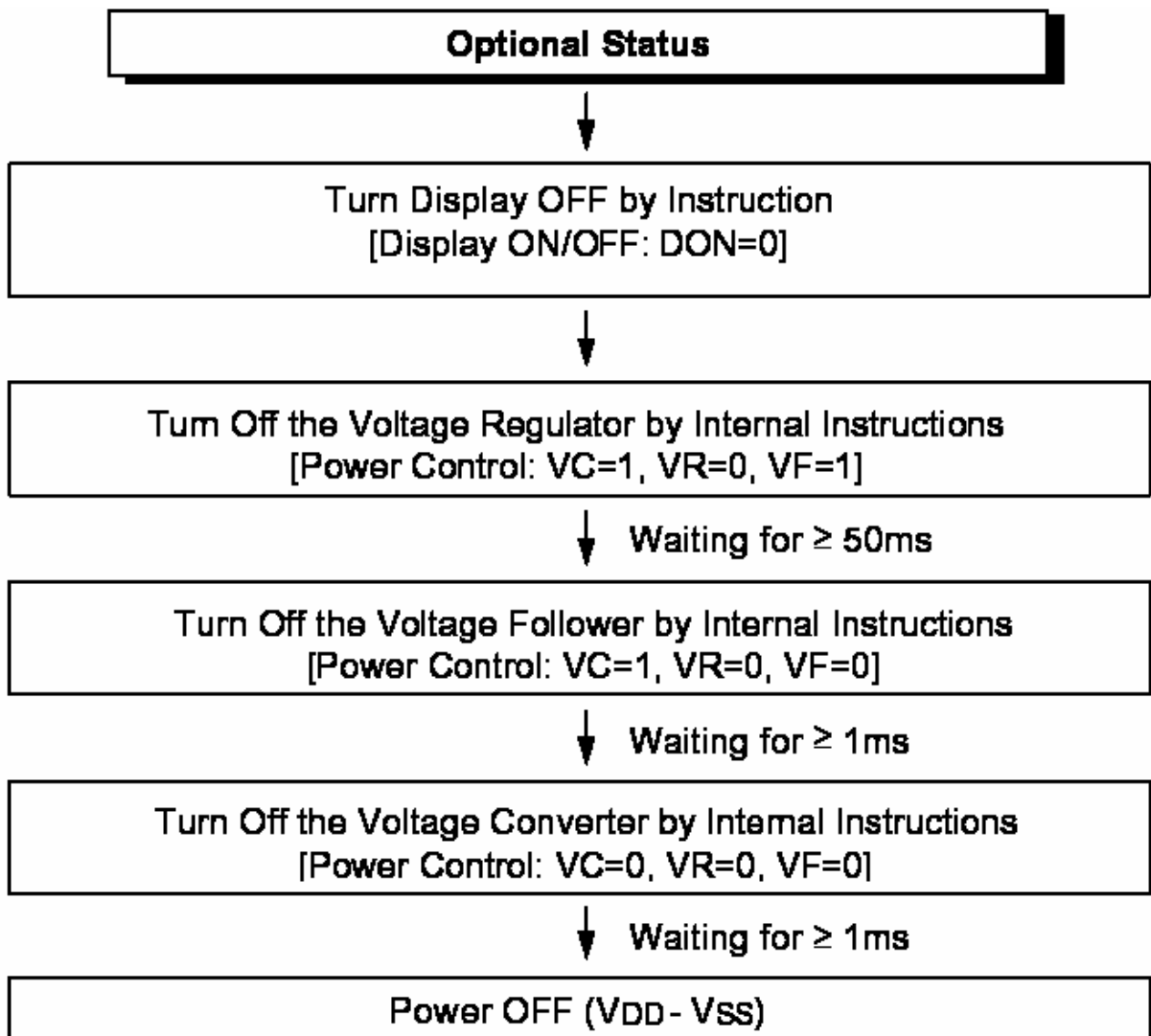
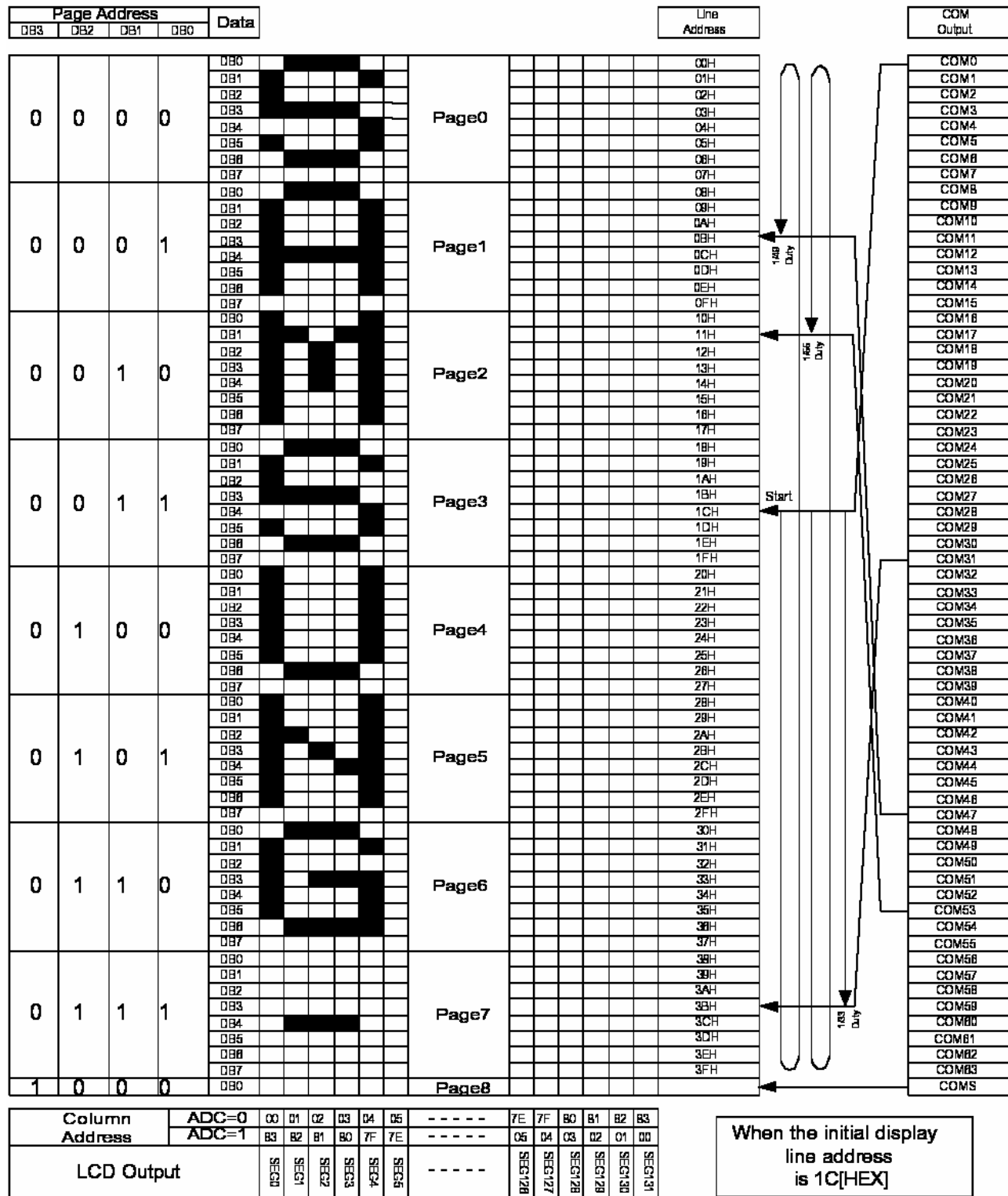


Figure 17. Power OFF

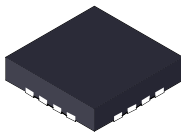


## 14. Display Data RAM Map



**15. Revision records**

<b>Version</b>	<b>Ref.pages</b>	<b>Revision Items</b>	<b>Date</b>
A00	All	New release	2007.03.06



## SYNCHRONOUS BOOST CONVERTER WITH 2A SWITCH

### FEATURES

- **Synchronous (96% Efficient) Boost Converter With 500-mA Output Current From 1.8-V Input**
- **Available in a 16-Pin QFN 4 x 4 Package**
- **Device Quiescent Current: 20- $\mu$ A (Typ)**
- **Input Voltage Range: 1.8-V to 5.5-V**
- **Adjustable Output Voltage Up to 5.5-V Fixed Output Voltage Options**
- **Power Save Mode for Improved Efficiency at Low Output Power**
- **Low Battery Comparator**
- **Low EMI-Converter (Integrated Antiringing Switch)**
- **Load Disconnect During Shutdown**
- **Over-Temperature Protection**

### APPLICATIONS

- **All Single Cell Li or Dual Cell Battery, or USB Powered Operated Products as MP-3 Player, PDAs, and Other Portable Equipment**

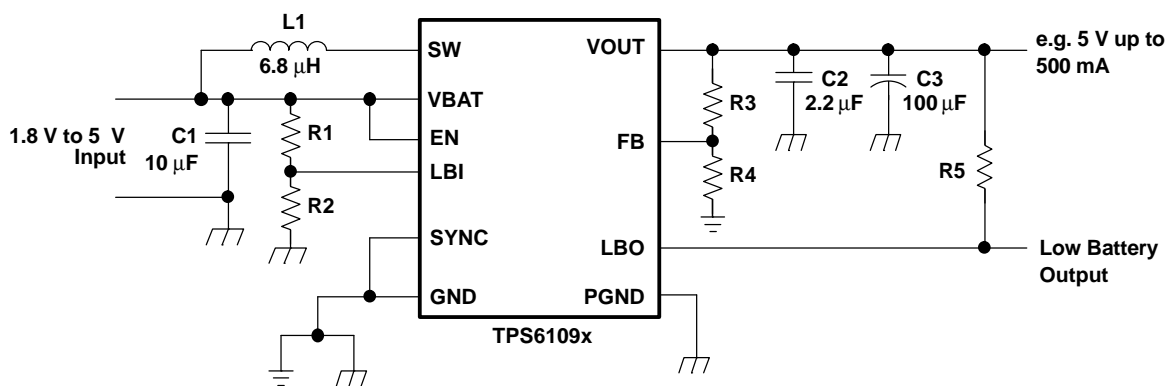
### DESCRIPTION

The TPS6109x devices provide a power supply solution for products powered by either a one-cell Li-Ion or Li-polymer, or a two-cell alkaline, NiCd or NiMH battery and required supply currents up to or higher than 1 A. The converter generates a stable output voltage that is either adjusted by an external resistor divider or fixed internally on the chip. It provides high efficient power conversion and is capable of delivering output currents up to 0.5 A at 5 V at a supply voltage down to 1.8 V. The implemented boost converter is based on a fixed frequency, pulse-width- modulation (PWM) controller using a synchronous rectifier to obtain maximum efficiency. Boost switch and rectifier switch are connected internally to provide the lowest leakage inductance and best EMI behavior possible. The maximum peak current in the boost switch is limited to a value of 2500 mA.

The converter can be disabled to minimize battery drain. During shutdown, the load is completely disconnected from the battery. A low-EMI mode is implemented to reduce ringing and, in effect, lower radiated electromagnetic energy when the converter enters the discontinuous conduction mode.

The output voltage can be programmed by an external resistor divider or is fixed internally on the chip.

The device is packaged in a 16-pin QFN 4 x 4 mm (16 RSA) package.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

### AVAILABLE OUTPUT VOLTAGE OPTIONS<sup>(1)</sup>

T <sub>A</sub>	OUTPUT VOLTAGE DC/DC	PACKAGE	Part Number <sup>(2)</sup>
40°C to 85°C	Adjustable	16-Pin QFN 4x4mm	TPS61090RSA
	3.3 V	16-Pin QFN 4x4mm	TPS61091RSA
	5 V	16-Pin QFN 4x4mm	TPS61092RSA

- (1) Contact the factory to check availability of other fixed output voltage versions.  
(2) The RSA package is available taped and reeled. Add R suffix to device type (e.g., TPS61090RSAR) to order quantities of 3000 devices per reel.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>(1)</sup>

	TPS6109x
Input voltage range on LBI	-0.3 V to 3.6 V
Input voltage range on SW, VOUT, LBO, VBAT, SYNC, EN, FB	-0.3 V to 7 V
Operating free air temperature range T <sub>A</sub>	-40°C to 85°C
Maximum junction temperature T <sub>J</sub>	150°C
Storage temperature range T <sub>stg</sub>	-65°C to 150°C

- (1) Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage at VBAT, V <sub>I</sub>	1.8		5.5	V
Inductance, L	2.2	6.8		μH
Input, capacitance, C <sub>i</sub>		10		μF
Output capacitance, C <sub>o</sub>	22	100		μF
Operating free air temperature, T <sub>A</sub>	-40		85	°C
Operating virtual junction temperature, T <sub>J</sub>	-40		125	°C

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

over recommended free-air temperature range and over recommended input voltage range (typical values are at an ambient temperature range of 25°C) (unless otherwise noted)

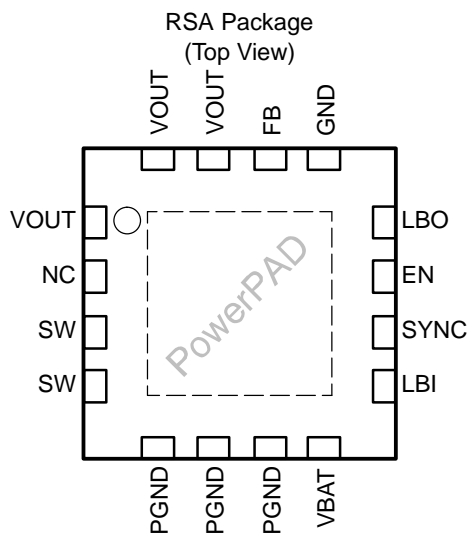
DC/DC STAGE					
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>I</sub> Input voltage range		1.8		5.5	V
V <sub>O</sub> TPS61090 output voltage range		1.8		5.5	V
V <sub>FB</sub> TPS61090 feedback voltage		490	500	510	mV
f Oscillator frequency		500	600	700	kHz
Frequency range for synchronization		500		700	kHz
I <sub>SW</sub> Switch current limit	VOUT= 5 V	2000	2200	2500	mA
Start-up current limit			0.4 × I <sub>SW</sub>		mA
Boost switch on resistance	VOUT= 5 V		55		mΩ
Rectifying switch on resistance	VOUT= 5 V		55		mΩ
Total accuracy		-3%		3%	
Line regulation				0.6%	

## Electrical Characteristics (continued)

over recommended free-air temperature range and over recommended input voltage range (typical values are at an ambient temperature range of 25°C) (unless otherwise noted)

DC/DC STAGE						
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Load regulation					0.6%	
Quiescent current	into VBAT	$I_O = 0 \text{ mA}$ , $V_{EN} = V_{BAT} = 1.8 \text{ V}$ , $V_{OUT} = 5 \text{ V}$		10	25	$\mu\text{A}$
	into VOUT	$I_O = 0 \text{ mA}$ , $V_{EN} = V_{BAT} = 1.8 \text{ V}$ , $V_{OUT} = 5 \text{ V}$		10	20	$\mu\text{A}$
Shutdown current		$V_{EN} = 0 \text{ V}$ , $V_{BAT} = 2.4 \text{ V}$		0.1	1	$\mu\text{A}$
CONTROL STAGE						
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{UVLO}$	Under voltage lockout threshold	$V_{LBI}$ voltage decreasing		1.5		V
$V_{IL}$	LBI voltage threshold	$V_{LBI}$ voltage decreasing	490	500	510	mV
LBI input hysteresis				10		mV
LBI input current		$EN = V_{BAT}$ or GND		0.01	0.1	$\mu\text{A}$
LBO output low voltage		$V_O = 3.3 \text{ V}$ , $I_{OI} = 100 \mu\text{A}$		0.04	0.4	V
LBO output low current				100		$\mu\text{A}$
LBO output leakage current		$V_{LBO} = 7 \text{ V}$		0.01	0.1	$\mu\text{A}$
$V_{IL}$	EN, SYNC input low voltage			$0.2 \times V_{BAT}$		V
$V_{IH}$	EN, SYNC input high voltage		$0.8 \times V_{BAT}$			V
EN, SYNC input current		Clamped on GND or VBAT		0.01	0.1	$\mu\text{A}$
Overtemperature protection				140		°C
Overtemperature hysteresis				20		°C

## PIN ASSIGNMENTS



## Terminal Functions

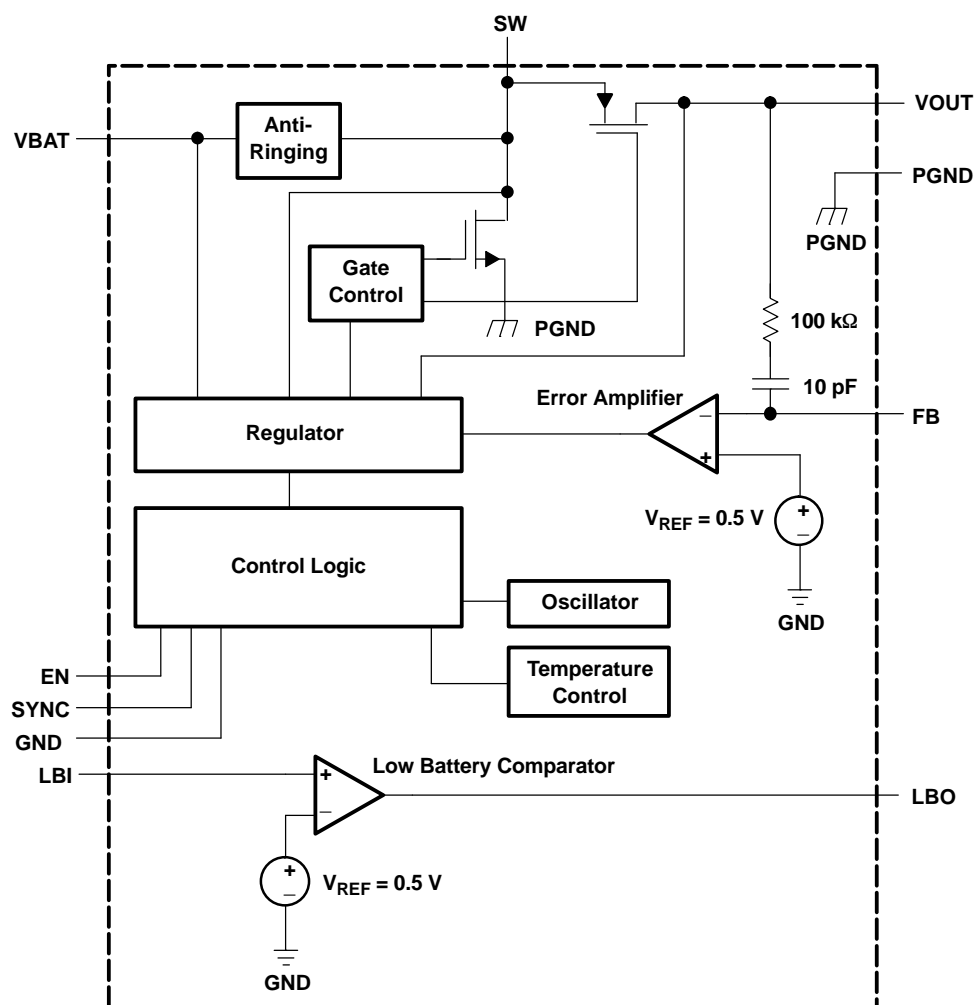
TERMINAL		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
EN	11	I	Enable input. (1/VBAT enabled, 0/GND disabled)
FB	14	I	Voltage feedback of adjustable versions

## Pin Assignments (continued)

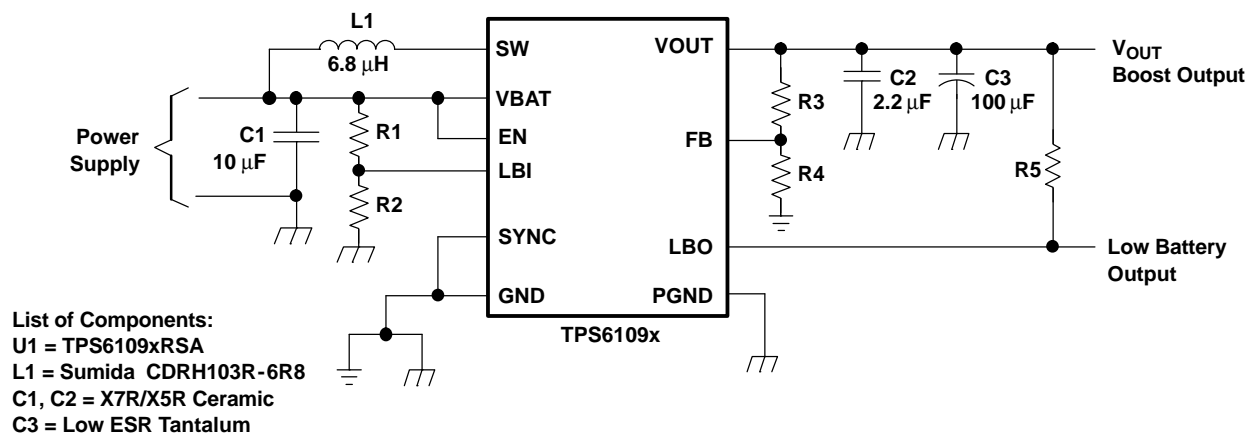
### Terminal Functions (continued)

TERMINAL		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
GND	13	I/O	Control/logic ground
LB1	9	I	Low battery comparator input (comparator enabled with EN)
LBO	12	O	Low battery comparator output (open drain)
NC	2		Not connected
SYNC	10	I	Enable/disable power save mode (1: VBAT disabled, 0: GND enabled, clock signal for synchronization)
SW	3, 4	I	Boost and rectifying switch input
PGND	5, 6, 7	I/O	Power ground
VBAT	8	I	Supply voltage
VOUT	1, 15, 16	O	DC/DC output
PowerPAD™			Must be soldered to achieve appropriate power dissipation. Should be connected to PGND.

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



## PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



## TYPICAL CHARACTERISTICS

Table of Graphs

DC/DC Converter		Figure
Maximum output current	vs Input voltage	1, 2
Efficiency	vs Output current (TPS61090) ( $V_O = 2.5\text{ V}$ , $V_I = 1.8\text{ V}$ , $V_{SYNC} = 0\text{ V}$ )	3
	vs Output current (TPS61091) ( $V_O = 3.3\text{ V}$ , $V_I = 1.8\text{ V}$ , $2.4\text{ V}$ , $V_{SYNC} = 0\text{ V}$ )	4
	vs Output current (TPS61092) ( $V_O = 5.0\text{ V}$ , $V_I = 2.4\text{ V}$ , $3.3\text{ V}$ , $V_{SYNC} = 0\text{ V}$ )	5
	vs Input voltage (TPS61091) ( $I_O = 10\text{ mA}$ , $100\text{ mA}$ , $500\text{ mA}$ , $V_{SYNC} = 0\text{ V}$ )	6
	vs Input voltage (TPS61092) ( $I_O = 10\text{ mA}$ , $100\text{ mA}$ , $500\text{ mA}$ , $V_{SYNC} = 0\text{ V}$ )	7
Output voltage	vs Output current (TPS61091) ( $V_I = 2.4\text{ V}$ )	8
	vs Output current (TPS61092) ( $V_I = 3.3\text{ V}$ )	9
No-load supply current into VBAT	vs Input voltage (TPS61092)	10
No-load supply current into VOUT	vs Input voltage (TPS61092)	11
Waveforms	Output voltage in continuous mode (TPS61092)	12
	Output voltage in power save mode (TPS61092)	13
	Load transient response (TPS61092)	14
	Line transient response (TPS61092)	15
	DC/DC converter start-up after enable (TPS61092)	16

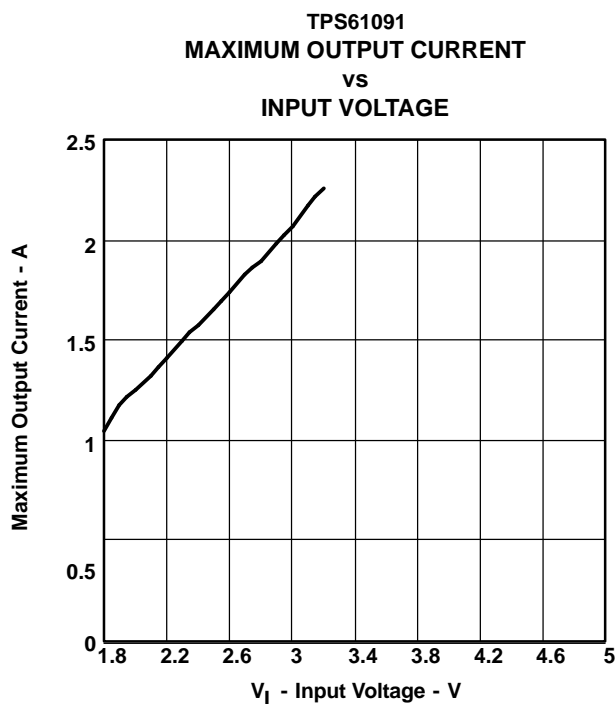


Figure 1.

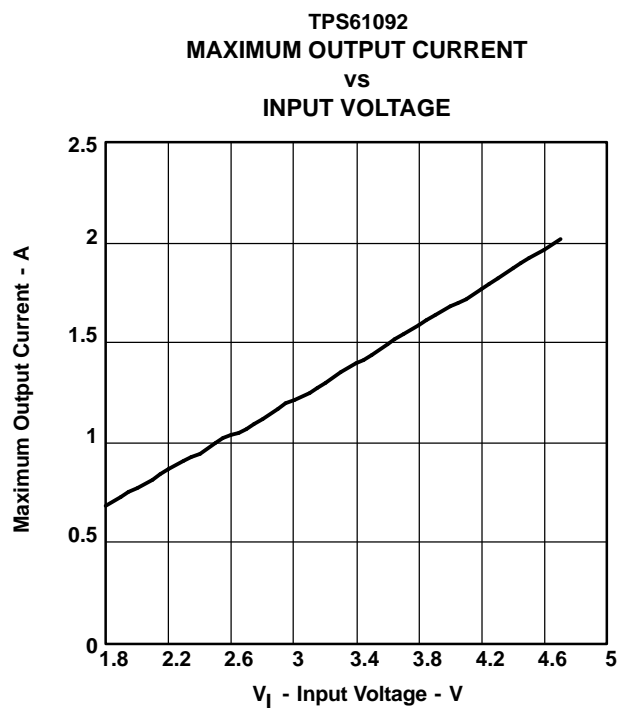


Figure 2.



## TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

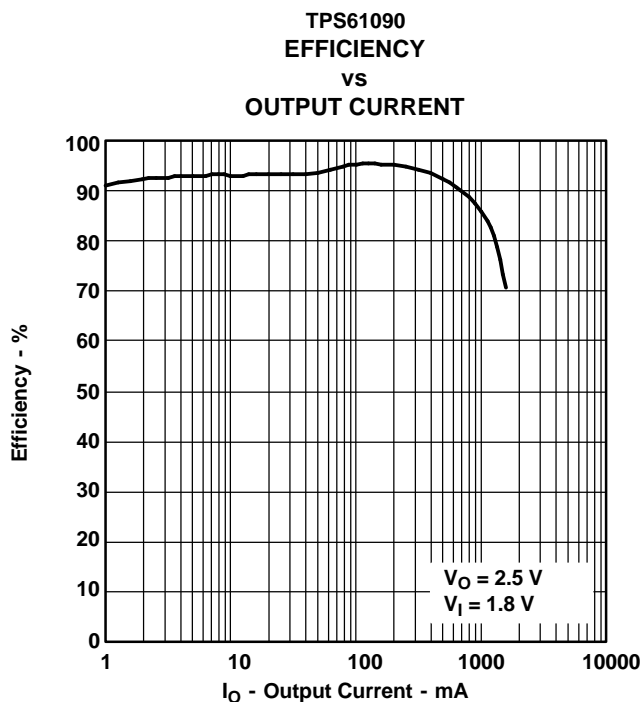


Figure 3.

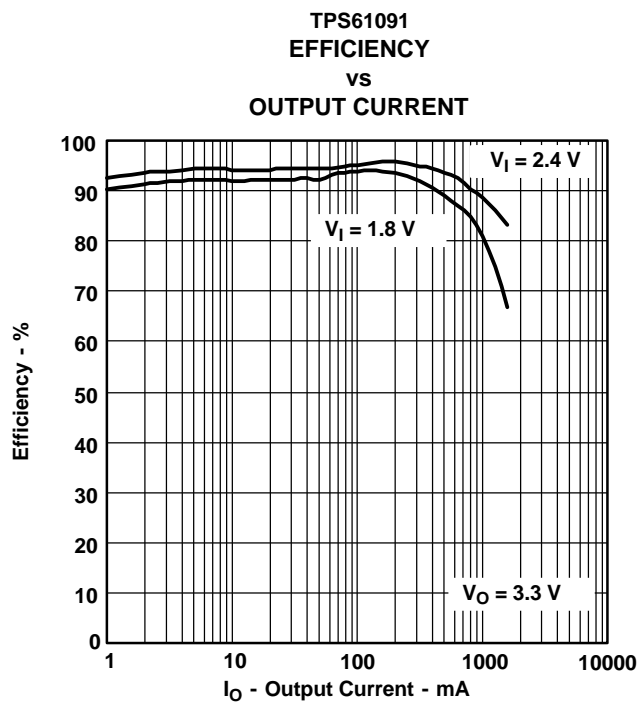


Figure 4.

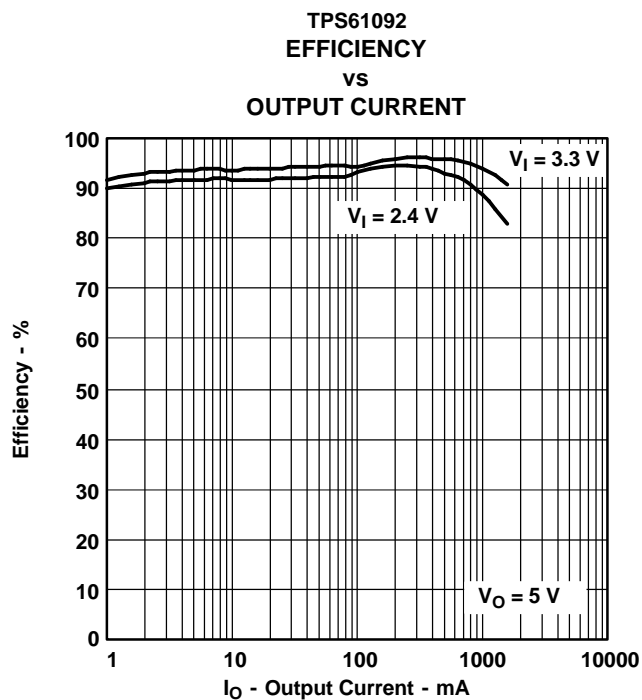


Figure 5.

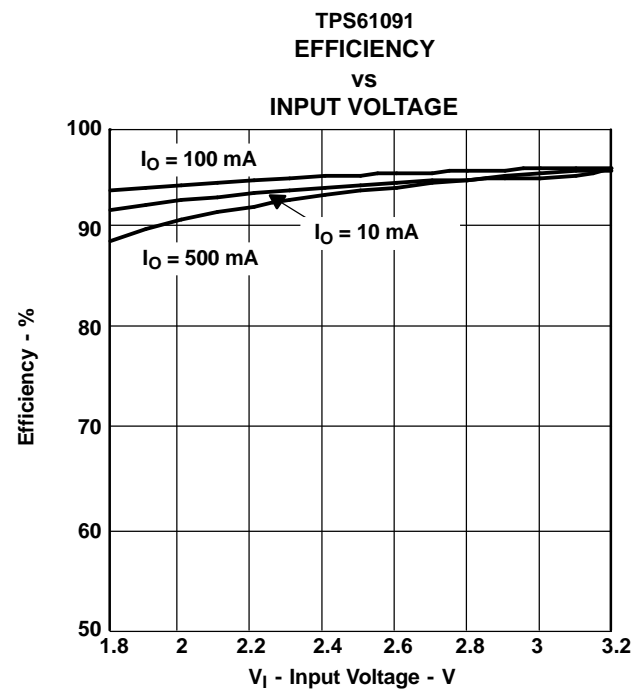


Figure 6.

# TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

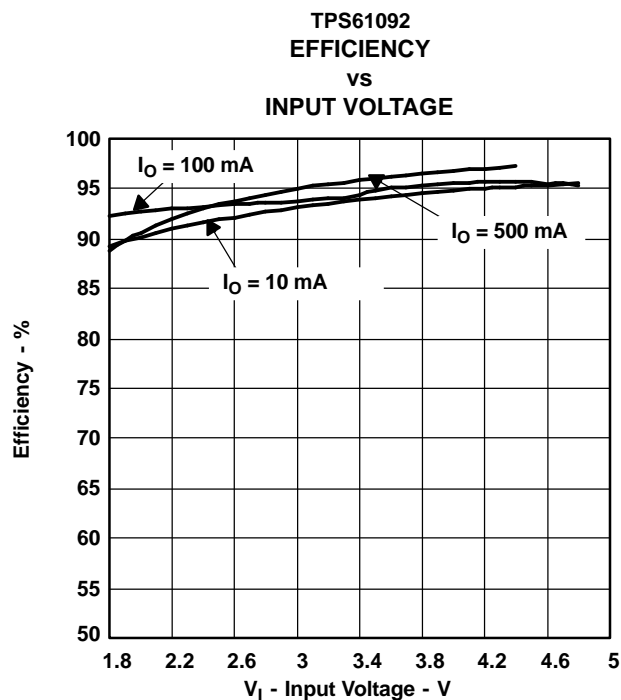


Figure 7.

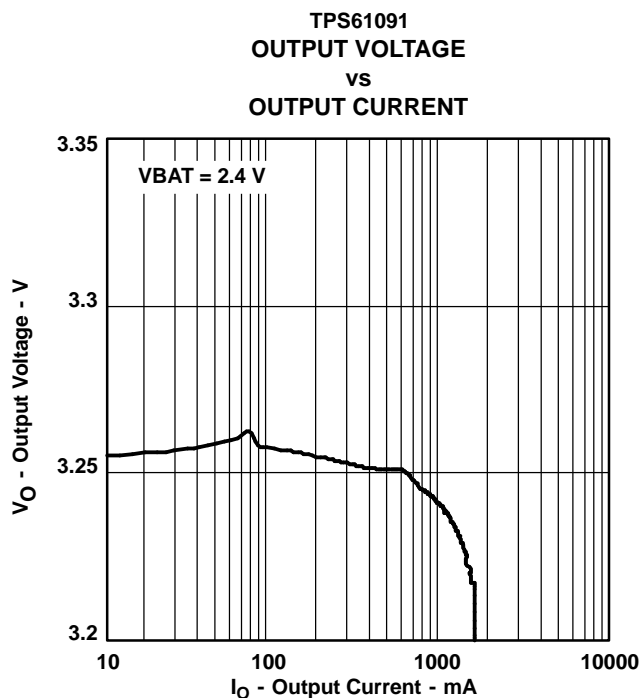


Figure 8.

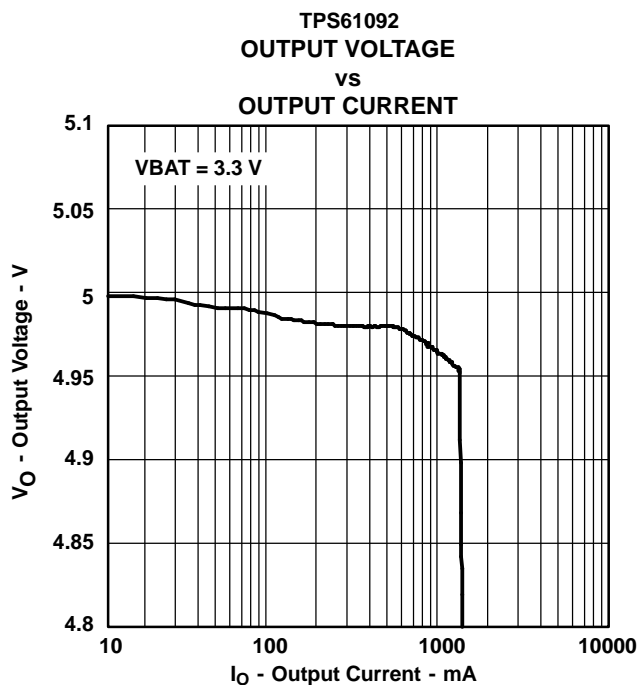


Figure 9.

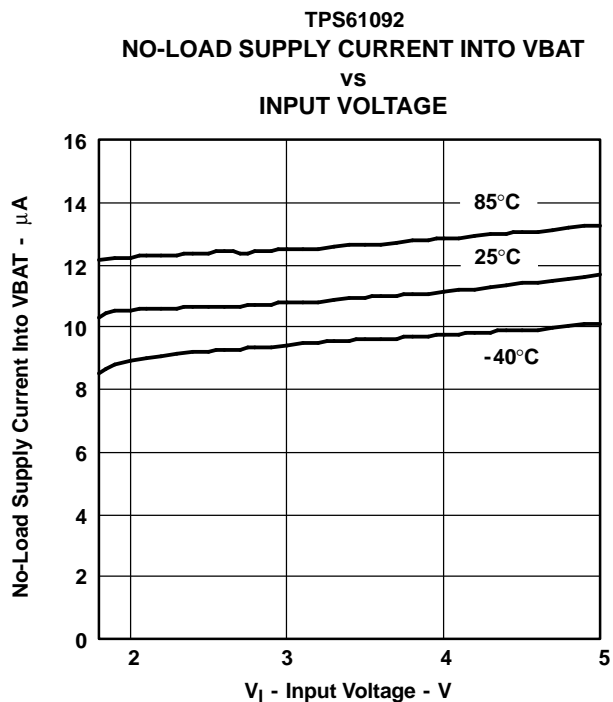


Figure 10.

## TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

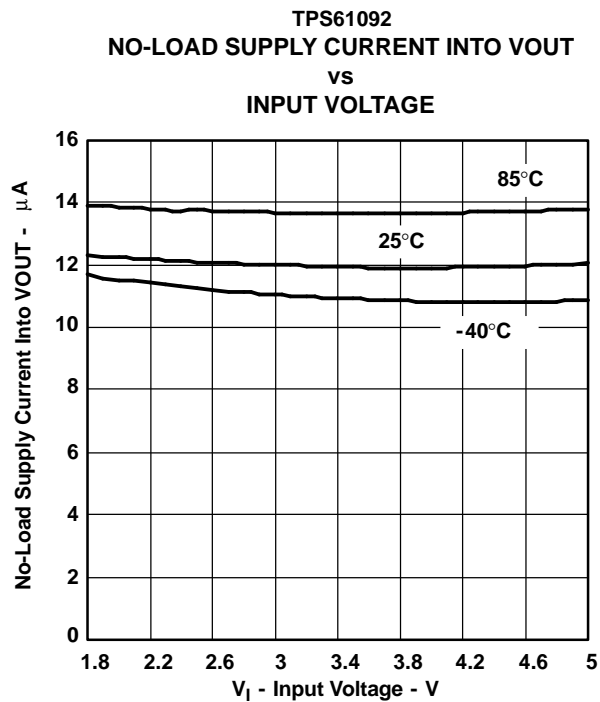


Figure 11.

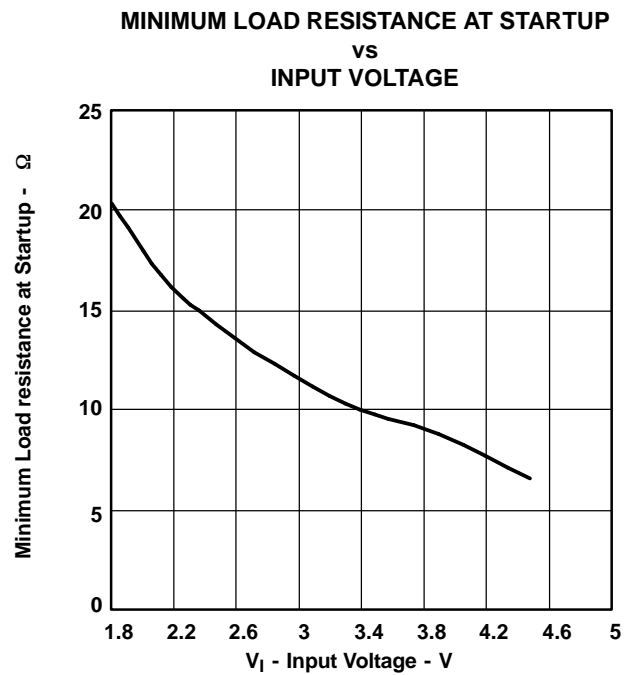


Figure 12.

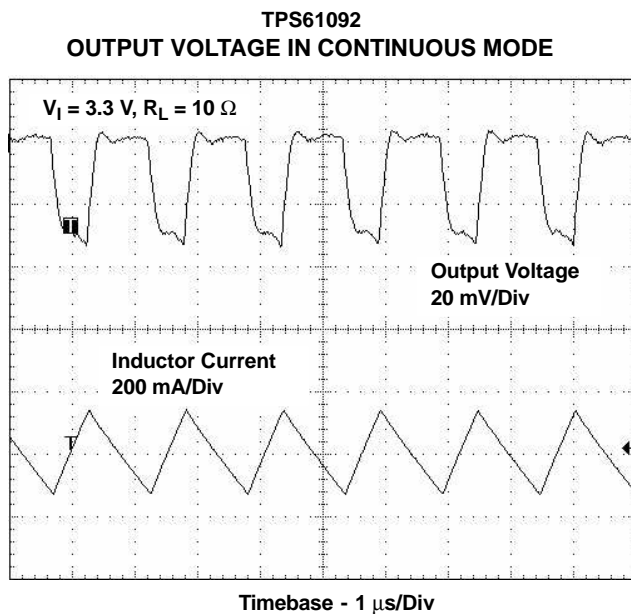


Figure 13.

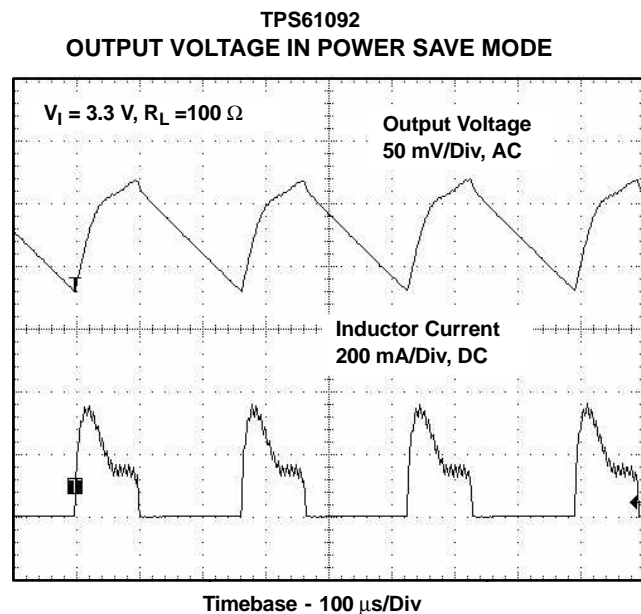
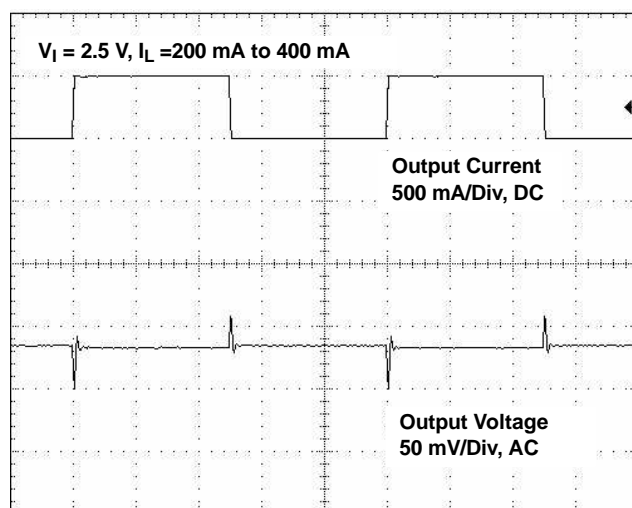


Figure 14.

# TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

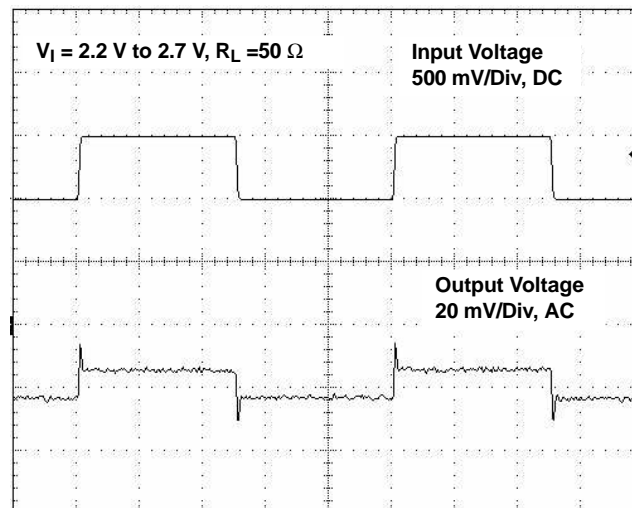
TPS61092  
LOAD TRANSIENT RESPONSE



Timebase - 2 ms/Div

Figure 15.

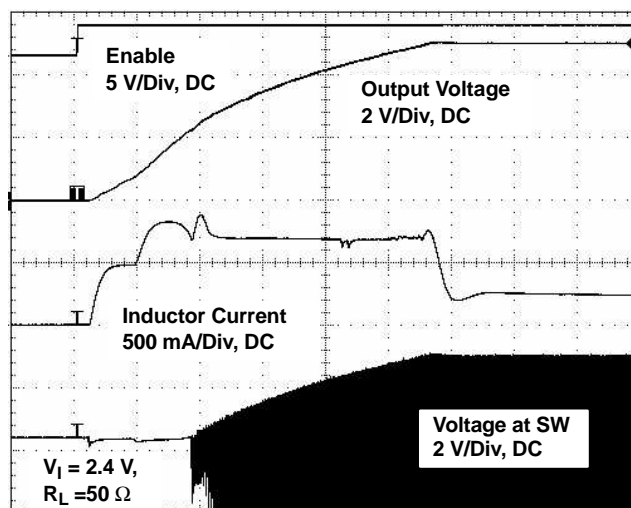
TPS61092  
LINE TRANSIENT RESPONSE



Timebase - 2 ms/Div

Figure 16.

TPS61092  
DC/DC CONVERTER START-UP AFTER ENABLE



Timebase - 200  $\mu$ s/Div

Figure 17.

## APPLICATION INFORMATION

### DESIGN PROCEDURE

The TPS6109x dc/dc converters are intended for systems powered by a dual or triple cell NiCd or NiMH battery with a typical terminal voltage between 1.8 V and 5.5 V. They can also be used in systems powered by one-cell Li-Ion with a typical stack voltage between 2.5 V and 4.2 V. Additionally, two or three primary and secondary alkaline battery cells can be the power source in systems where the TPS6109x is used.

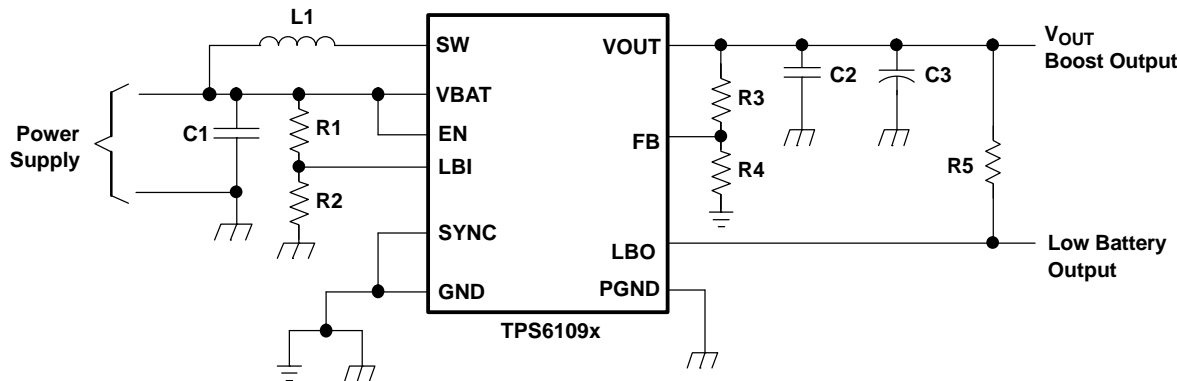
### Programming the Output Voltage

The output voltage of the TPS61090 dc/dc converter section can be adjusted with an external resistor divider. The typical value of the voltage on the FB pin is 500 mV. The maximum allowed value for the output voltage is 5.5 V. The current through the resistive divider should be about 100 times greater than the current into the FB pin. The typical current into the FB pin is 0.01  $\mu$ A, and the voltage across R4 is typically 500 mV. Based on those two values, the recommended value for R4 should be lower than 500 k $\Omega$ , in order to set the divider current at 1  $\mu$ A or higher. Because of internal compensation circuitry the value for this resistor should be in the range of 200 k $\Omega$ . From that, the value of resistor R3, depending on the needed output voltage ( $V_O$ ), can be calculated using Equation 1:

$$R3 = R4 \times \left( \frac{V_O}{V_{FB}} - 1 \right) = 200 \text{ k}\Omega \times \left( \frac{V_O}{500 \text{ mV}} - 1 \right) \quad (1)$$

If as an example, an output voltage of 5.0 V is needed, a 1.8-M $\Omega$  resistor should be chosen for R3. If for any reason the value for R4 is chosen significantly lower than 200 k $\Omega$  additional capacitance in parallel to R3 is recommended. The required capacitance value can be easily calculated using Equation 2

$$C_{\text{par}R3} = 10 \text{ pF} \times \left( \frac{200 \text{ k}\Omega}{R4} - 1 \right) \quad (2)$$



**Figure 18. Typical Application Circuit for Adjustable Output Voltage Option**

### Programming the LBI/LBO Threshold Voltage

The current through the resistive divider should be about 100 times greater than the current into the LBI pin. The typical current into the LBI pin is 0.01  $\mu$ A, and the voltage across R2 is equal to the LBI voltage threshold that is generated on-chip, which has a value of 500 mV. The recommended value for R2 is therefore in the range of 500 k $\Omega$ . From that, the value of resistor R1, depending on the desired minimum battery voltage  $V_{BAT}$ , can be calculated using Equation 3.

## APPLICATION INFORMATION (continued)

$$R1 = R2 \times \left( \frac{V_{BAT}}{V_{LBI} - \text{threshold}} - 1 \right) = 390 \text{ k}\Omega \times \left( \frac{V_{BAT}}{500 \text{ mV}} - 1 \right) \quad (3)$$

The output of the low battery supervisor is a simple open-drain output that goes active low if the dedicated battery voltage drops below the programmed threshold voltage on LBI. The output requires a pullup resistor with a recommended value of 1 M $\Omega$ . The maximum voltage which is used to pull up the LBO outputs should not exceed the output voltage of the dc/dc converter. If not used, the LBO pin can be left floating or tied to GND.

## Inductor Selection

A boost converter normally requires two main passive components for storing energy during the conversion. A boost inductor and a storage capacitor at the output are required. To select the boost inductor, it is recommended to keep the possible peak inductor current below the current limit threshold of the power switch in the chosen configuration. For example, the current limit threshold of the TPS6109x's switch is 2500 mA at an output voltage of 5 V. The highest peak current through the inductor and the switch depends on the output load, the input ( $V_{BAT}$ ), and the output voltage ( $V_{OUT}$ ). Estimation of the maximum average inductor current can be done using Equation 4:

$$I_L = I_{OUT} \times \frac{V_{OUT}}{V_{BAT} \times 0.8} \quad (4)$$

For example, for an output current of 500 mA at 5 V, at least 1750 mA of average current flows through the inductor at a minimum input voltage of 1.8 V.

The second parameter for choosing the inductor is the desired current ripple in the inductor. Normally, it is advisable to work with a ripple of less than 20% of the average inductor current. A smaller ripple reduces the magnetic hysteresis losses in the inductor, as well as output voltage ripple and EMI. But in the same way, regulation time at load changes rises. In addition, a larger inductor increases the total system costs. With those parameters, it is possible to calculate the value for the inductor by using Equation 5:

$$L = \frac{V_{BAT} \times (V_{OUT} - V_{BAT})}{\Delta I_L \times f \times V_{OUT}} \quad (5)$$

Parameter  $f$  is the switching frequency and  $\Delta I_L$  is the ripple current in the inductor, i.e.,  $20\% \times I_L$ . In this example, the desired inductor has the value of 5.5  $\mu\text{H}$ . With this calculated value and the calculated currents, it is possible to choose a suitable inductor. Care has to be taken that load transients and losses in the circuit can lead to higher currents as estimated in equation 4. Also, the losses in the inductor caused by magnetic hysteresis losses and copper losses are a major parameter for total circuit efficiency.

The following inductor series from different suppliers have been used with the TPS6109x converters:

### List of Inductors

VENDOR	INDUCTOR SERIES
Sumida	CDRH6D28
	CDRH6D38
	CDRH103R
Würth Elektronik	WE-PD type L
	WE-PD type XL
EPCOS	B82464G

## Capacitor Selection

### Input Capacitor

At least a 10-μF input capacitor is recommended to improve transient behavior of the regulator and EMI behavior of the total power supply circuit. A ceramic capacitor or a tantalum capacitor with a 100-nF ceramic capacitor in parallel, placed close to the IC, is recommended.

### Output Capacitor DC/DC Converter

The major parameter necessary to define the minimum value of the output capacitor is the maximum allowed output voltage ripple in steady state operation of the converter. This ripple is determined by two parameters of the capacitor, the capacitance and the ESR. It is possible to calculate the minimum capacitance needed for the defined ripple, supposing that the ESR is zero, by using equation Equation 6:

$$C_{\min} = \frac{I_{\text{OUT}} \times (V_{\text{OUT}} - V_{\text{BAT}})}{f \times \Delta V \times V_{\text{OUT}}} \quad (6)$$

Parameter  $f$  is the switching frequency and  $\Delta V$  is the maximum allowed ripple.

With a chosen ripple voltage of 10 mV, a minimum capacitance of 53 μF is needed. The total ripple is larger due to the ESR of the output capacitor. This additional component of the ripple can be calculated using Equation 7:

$$\Delta V_{\text{ESR}} = I_{\text{OUT}} \times R_{\text{ESR}} \quad (7)$$

An additional ripple of 40 mV is the result of using a tantalum capacitor with a low ESR of 80 mΩ. The total ripple is the sum of the ripple caused by the capacitance and the ripple caused by the ESR of the capacitor. In this example, the total ripple is 50 mV. Additional ripple is caused by load transients. This means that the output capacitance needs to be larger than calculated above to meet the total ripple requirements. The output capacitor has to completely supply the load during the charging phase of the inductor. A reasonable value of the output capacitance depends on the speed of the load transients and the load current during the load change. With the calculated minimum value of 53 μF and load transient considerations, a reasonable output capacitance value is in a 100 μF range. For economical reasons this usually is a tantalum capacitor. Because of this the control loop has been optimized for using output capacitors with an ESR of above 30 mΩ.

### Small Signal Stability

When using output capacitors with lower ESR, like ceramics, it is recommended to use the adjustable voltage version. The missing ESR can be easily compensated there in the feedback divider. Typically a capacitor in the range of 10 pF in parallel to R3 helps to obtain small signal stability with lowest ESR output capacitors. For more detailed analysis the small signal transfer function of the error amplifier and regulator, which is given in Equation 8, can be used.

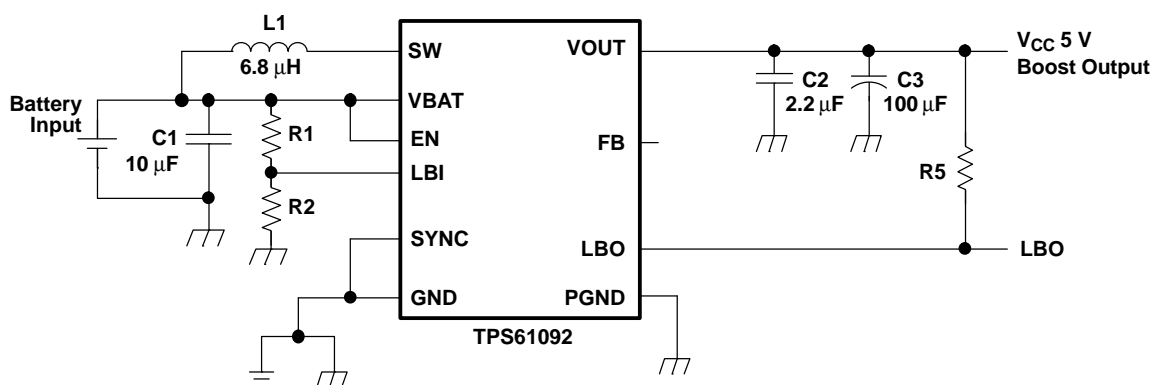
$$A_{\text{REG}} = \frac{d}{V_{\text{FB}}} \quad A_{\text{REG}} = \frac{d5(R3 + R4)}{R4 \times (1 + i \times \omega \times 2.3 \mu\text{s})} \quad (8)$$

## LAYOUT CONSIDERATIONS

As for all switching power supplies, the layout is an important step in the design, especially at high peak currents and high switching frequencies. If the layout is not carefully done, the regulator could show stability problems as well as EMI problems. Therefore, use wide and short traces for the main current path and for the power ground tracks. The input capacitor, output capacitor, and the inductor should be placed as close as possible to the IC. Use a common ground node for power ground and a different one for control ground to minimize the effects of ground noise. Connect these ground nodes at any place close to one of the ground pins of the IC.

The feedback divider should be placed as close as possible to the control ground pin of the IC. To lay out the control ground, it is recommended to use short traces as well, separated from the power ground traces. This avoids ground shift problems, which can occur due to superimposition of power ground current and control ground current.

## APPLICATION INFORMATION



**List of Components:**

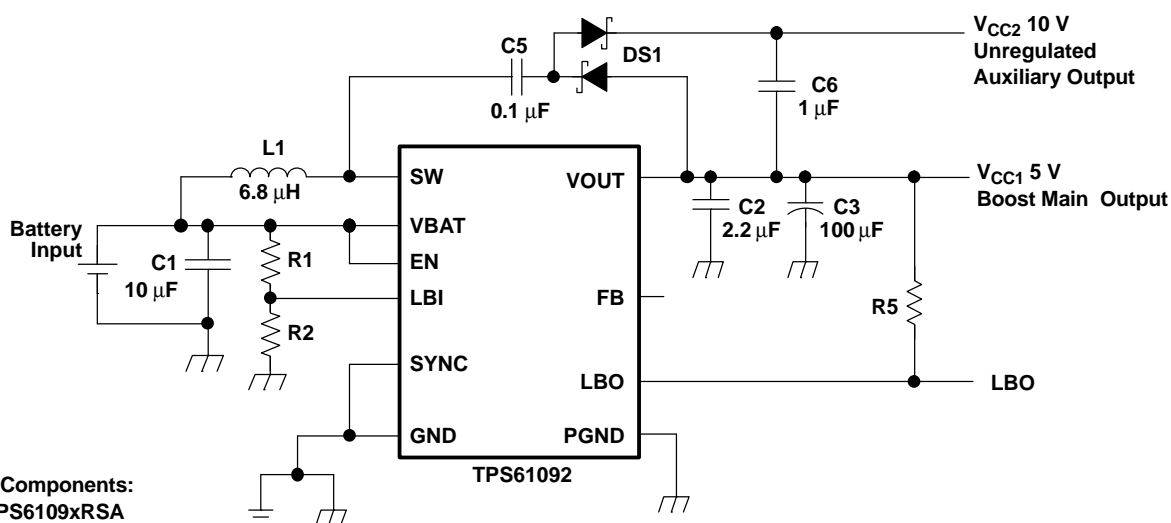
U1 = TPS6109xRSA

L1 = Sumida CDRH103R-6R8

C1, C2 = X7R,X5R Ceramic

C3 = Low ESR Tantalum

**Figure 19. Power Supply Solution for Maximum Output Power**



**List of Components:**

U1 = TPS6109xRSA

L1 = Sumida CDRH103R-6R8

C1, C2, C5, C6, = X7R,X5R Ceramic

C3 = Low ESR Tantalum

DS1 = BAT54S

**Figure 20. Power Supply Solution With Auxiliary Positive Output Voltage**



## Application Information (continued)

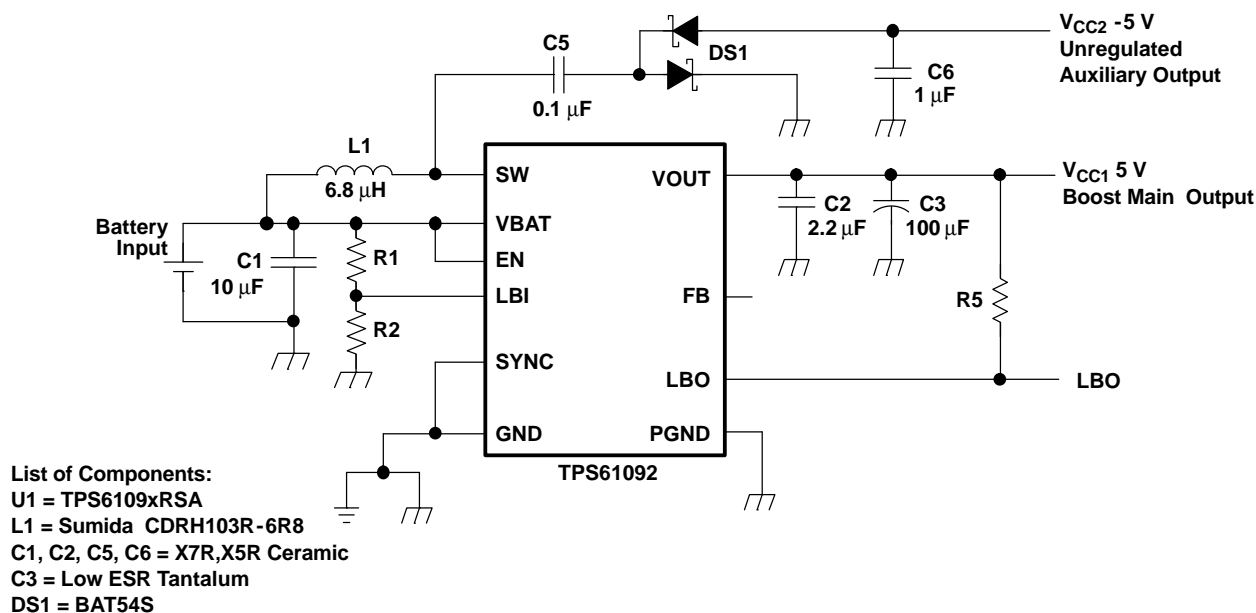


Figure 21. Power Supply Solution With Auxiliary Negative Output Voltage

## DETAILED DESCRIPTION

### Synchronous Rectifier

The device integrates an N-channel and a P-channel MOSFET transistor to realize a synchronous rectifier. Because the commonly used discrete Schottky rectifier is replaced with a low RDS(ON) PMOS switch, the power conversion efficiency reaches 96%. To avoid ground shift due to the high currents in the NMOS switch, two separate ground pins are used. The reference for all control functions is the GND pin. The source of the NMOS switch is connected to PGND. Both grounds must be connected on the PCB at only one point close to the GND pin. A special circuit is applied to disconnect the load from the input during shutdown of the converter. In conventional synchronous rectifier circuits, the backgate diode of the high-side PMOS is forward biased in shutdown and allows current flowing from the battery to the output. This device however uses a special circuit which takes the cathode of the backgate diode of the high-side PMOS and disconnects it from the source when the regulator is not enabled (EN = low).

The benefit of this feature for the system design engineer is that the battery is not depleted during shutdown of the converter. No additional components have to be added to the design to make sure that the battery is disconnected from the output of the converter.

### Controller Circuit

The controller circuit of the device is based on a fixed frequency multiple feedforward controller topology. Input voltage, output voltage, and voltage drop on the NMOS switch are monitored and forwarded to the regulator. So changes in the operating conditions of the converter directly affect the duty cycle and must not take the indirect and slow way through the control loop and the error amplifier. The control loop, determined by the error amplifier, only has to handle small signal errors. The input for it is the feedback voltage on the FB pin or, at fixed output voltage versions, the voltage on the internal resistor divider. It is compared with the internal reference voltage to generate an accurate and stable output voltage.

The peak current of the NMOS switch is also sensed to limit the maximum current flowing through the switch and the inductor. The typical peak current limit is set to 2200 mA.

An internal temperature sensor prevents the device from getting overheated in case of excessive power dissipation.

## **Detailed Description (continued)**

### **Device Enable**

The device is put into operation when EN is set high. It is put into a shutdown mode when EN is set to GND. In shutdown mode, the regulator stops switching, all internal control circuitry including the low-battery comparator is switched off, and the load is isolated from the input (as described in the Synchronous Rectifier Section). This also means that the output voltage can drop below the input voltage during shutdown. During start-up of the converter, the duty cycle and the peak current are limited in order to avoid high peak currents drawn from the battery.

### **Undervoltage Lockout**

An undervoltage lockout function prevents device start-up if the supply voltage on VBAT is lower than typically 1.6 V. When in operation and the battery is being discharged, the device automatically enters the shutdown mode if the voltage on VBAT drops below approximately 1.6 V. This undervoltage lockout function is implemented in order to prevent the malfunctioning of the converter.

### **Softstart**

When the device enables the internal startup cycle starts with the first step, the precharge phase. During precharge, the rectifying switch is turned on until the output capacitor is charged to a value close to the input voltage. The rectifying switch current is limited in that phase. This also limits the output current under short-circuit conditions at the output. After charging the output capacitor to the input voltage the device starts switching. Until the output voltage is reached, the boost switch current limit is set to 40% of its nominal value to avoid high peak currents at the battery during startup. When the output voltage is reached, the regulator takes control and the switch current limit is set back to 100%.

### **Power Save Mode and Synchronization**

The SYNC pin can be used to select different operation modes. To enable power save, SYNC must be set low. Power save mode is used to improve efficiency at light load. In power save mode the converter only operates when the output voltage trips below a set threshold voltage. It ramps up the output voltage with one or several pulses and goes again into power save mode once the output voltage exceeds the set threshold voltage. This power save mode can be disabled by setting the SYNC to VBAT.

Applying an external clock with a duty cycle between 30% and 70% at the SYNC pin forces the converter to operate at the applied clock frequency. The external frequency has to be in the range of about  $\pm 20\%$  of the nominal internal frequency. Detailed values are shown in the electrical characteristic section of the data sheet.

### **Low Battery Detector Circuit—LBI/LBO**

The low-battery detector circuit is typically used to supervise the battery voltage and to generate an error flag when the battery voltage drops below a user-set threshold voltage. The function is active only when the device is enabled. When the device is disabled, the LBO pin is high-impedance. The switching threshold is 500 mV at LBI. During normal operation, LBO stays at high impedance when the voltage, applied at LBI, is above the threshold. It is active low when the voltage at LBI goes below 500 mV.

The battery voltage, at which the detection circuit switches, can be programmed with a resistive divider connected to the LBI pin. The resistive divider scales down the battery voltage to a voltage level of 500 mV, which is then compared to the LBI threshold voltage. The LBI pin has a built-in hysteresis of 10 mV. See the application section for more details about the programming of the LBI threshold. If the low-battery detection circuit is not used, the LBI pin should be connected to GND (or to VBAT) and the LBO pin can be left unconnected. Do not let the LBI pin float.

## Low-EMI Switch

The device integrates a circuit that removes the ringing that typically appears on the SW node when the converter enters discontinuous current mode. In this case, the current through the inductor ramps to zero and the rectifying PMOS switch is turned off to prevent a reverse current flowing from the output capacitors back to the battery. Due to the remaining energy that is stored in parasitic components of the semiconductor and the inductor, a ringing on the SW pin is induced. The integrated antiringing switch clamps this voltage to VBAT and therefore dampens ringing.

## THERMAL INFORMATION

Implementation of integrated circuits in low-profile and fine-pitch surface-mount packages typically requires special attention to power dissipation. Many system-dependent issues such as thermal coupling, airflow, added heat sinks and convection surfaces, and the presence of other heat-generating components affect the power-dissipation limits of a given component.

Three basic approaches for enhancing thermal performance are listed below.

- Improving the power dissipation capability of the PCB design
- Improving the thermal coupling of the component to the PCB
- Introducing airflow in the system

The maximum junction temperature ( $T_J$ ) of the TPS6109x devices is 150°C. The thermal resistance of the 16-pin QFN PowerPAD package (RSA) is  $R_{\theta JA} = 38.1 \text{ }^\circ\text{C/W}$ , if the PowerPAD is soldered and the board layout is optimized. Specified regulator operation is assured to a maximum ambient temperature  $T_A$  of 85°C. Therefore, the maximum power dissipation is about 1700 mW. More power can be dissipated if the maximum ambient temperature of the application is lower.

$$P_{D(\text{MAX})} = \frac{T_{J(\text{MAX})} - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{150^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{38.1 \text{ k/W}} = 1700 \text{ mW}$$

If designing for a lower junction temperature of 125°C, which is recommended, maximum heat dissipation is lower. Using the above equation (8) results in 1050 mW power dissipation.

## PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
TPS61090RSAR	ACTIVE	QFN	RSA	16	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	TPS6 1090	<a href="#">Samples</a>
TPS61090RSARG4	ACTIVE	QFN	RSA	16	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	TPS6 1090	<a href="#">Samples</a>
TPS61091RSAR	ACTIVE	QFN	RSA	16	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	TPS6 1091	<a href="#">Samples</a>
TPS61091RSARG4	ACTIVE	QFN	RSA	16		TBD	Call TI	Call TI	-40 to 85		<a href="#">Samples</a>
TPS61092RSAR	ACTIVE	QFN	RSA	16	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	TPS6 1092	<a href="#">Samples</a>
TPS61092RSARG4	ACTIVE	QFN	RSA	16	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	TPS6 1092	<a href="#">Samples</a>

(1) The marketing status values are defined as follows:

**ACTIVE:** Product device recommended for new designs.

**LIFEBUY:** TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

**NRND:** Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

**PREVIEW:** Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

**OBsolete:** TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

**TBD:** The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

**Pb-Free (RoHS):** TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

**Pb-Free (RoHS Exempt):** This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

**Green (RoHS & no Sb/Br):** TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

<sup>(6)</sup> Lead/Ball Finish - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

**TAPE AND REEL INFORMATION**


\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS61090RSAR	QFN	RSA	16	3000	330.0	12.4	4.3	4.3	1.5	8.0	12.0	Q2
TPS61091RSAR	QFN	RSA	16	3000	330.0	12.4	4.3	4.3	1.5	8.0	12.0	Q2
TPS61092RSAR	QFN	RSA	16	3000	330.0	12.4	4.3	4.3	1.5	8.0	12.0	Q2

## TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS

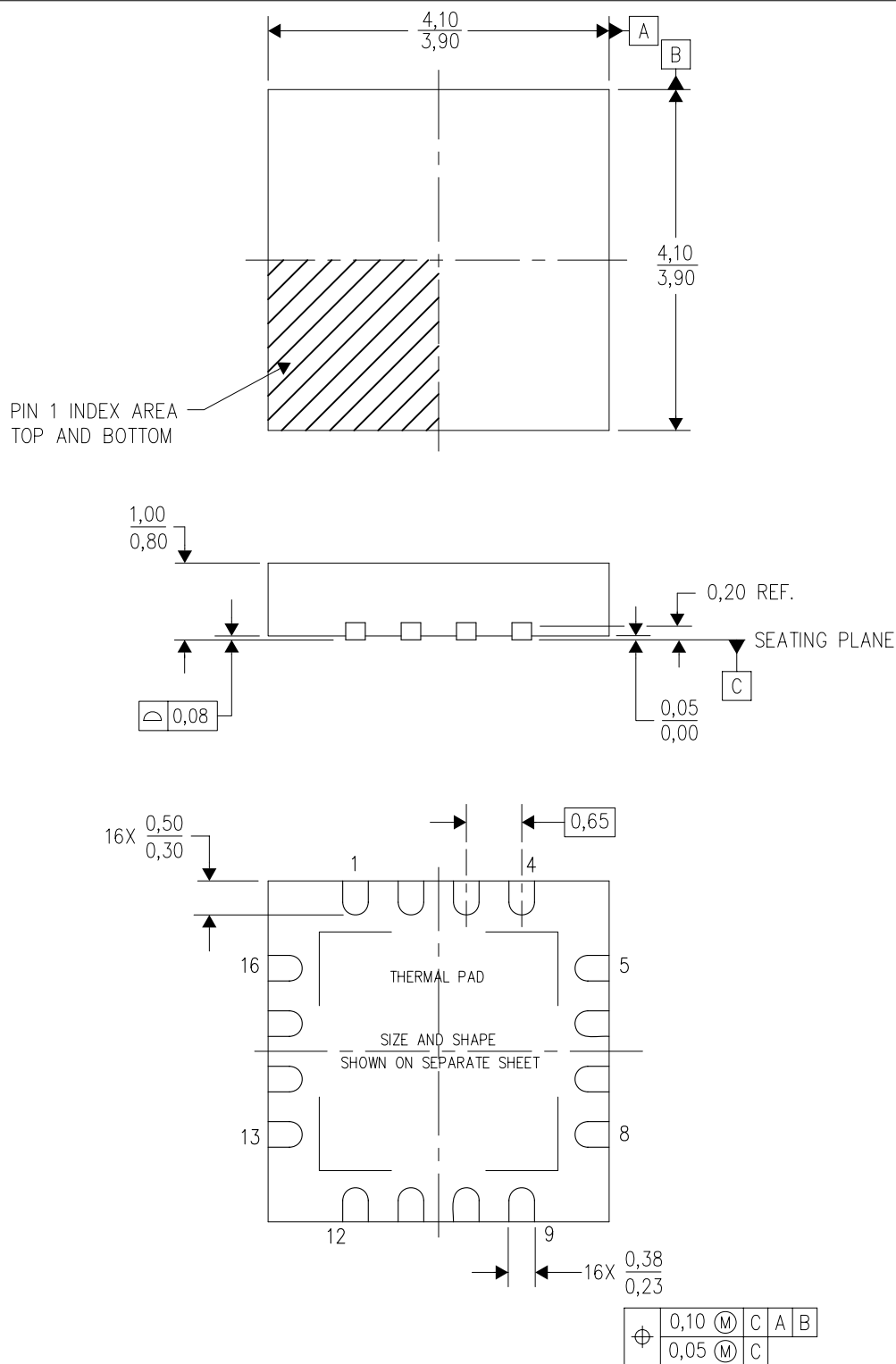


\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS61090RSAR	QFN	RSA	16	3000	338.1	338.1	20.6
TPS61091RSAR	QFN	RSA	16	3000	338.1	338.1	20.6
TPS61092RSAR	QFN	RSA	16	3000	338.1	338.1	20.6

RSA (S-PVQFN-N16)

PLASTIC QUAD FLATPACK NO-LEAD



4205141/D 06/11

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
  - B. This drawing is subject to change without notice.
  - C. Quad Flatpack, No-leads (QFN) package configuration.
  - D. The package thermal pad must be soldered to the board for thermal and mechanical performance.
  - E. See the additional figure in the Product Data Sheet for details regarding the exposed thermal pad features and dimensions.
  - F. Falls within JEDEC MO-220.



RSA (S-PVQFN-N16)

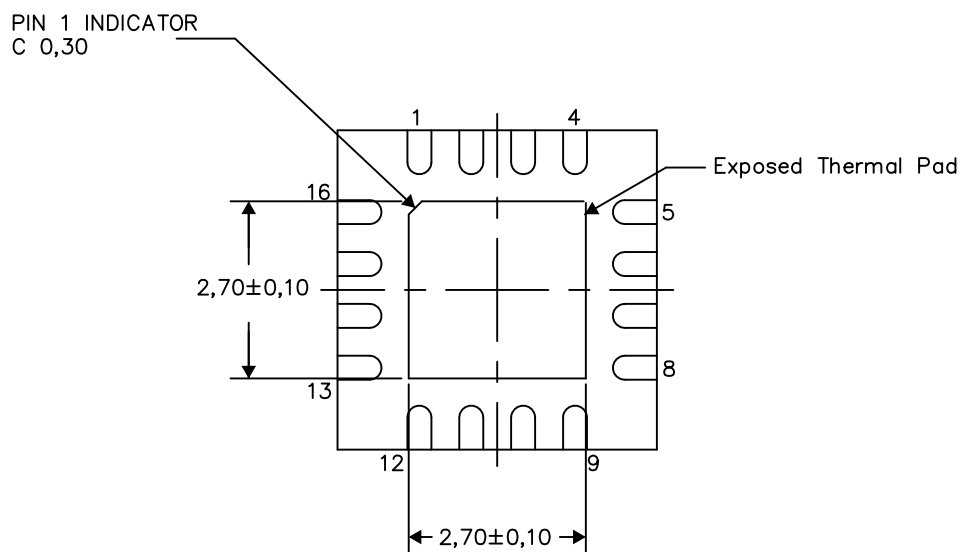
PLASTIC QUAD FLATPACK NO-LEAD

## THERMAL INFORMATION

This package incorporates an exposed thermal pad that is designed to be attached directly to an external heatsink. The thermal pad must be soldered directly to the printed circuit board (PCB). After soldering, the PCB can be used as a heatsink. In addition, through the use of thermal vias, the thermal pad can be attached directly to the appropriate copper plane shown in the electrical schematic for the device, or alternatively, can be attached to a special heatsink structure designed into the PCB. This design optimizes the heat transfer from the integrated circuit (IC).

For information on the Quad Flatpack No-Lead (QFN) package and its advantages, refer to Application Report, QFN/SON PCB Attachment, Texas Instruments Literature No. [SLUA271](#). This document is available at [www.ti.com](http://www.ti.com).

The exposed thermal pad dimensions for this package are shown in the following illustration.



Bottom View

Exposed Thermal Pad Dimensions

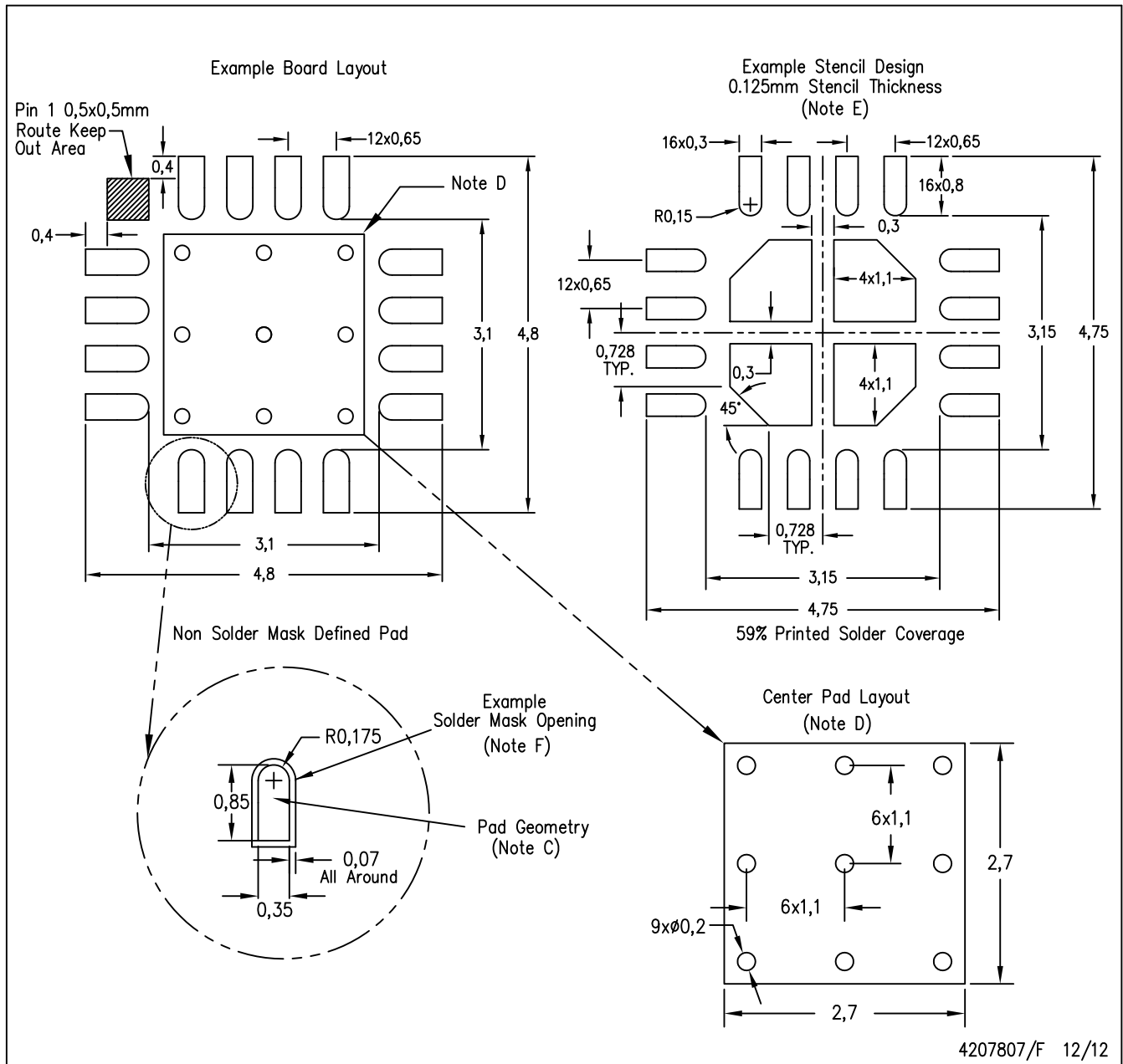
4206364/N 07/13

## NOTES:

A. All linear dimensions are in millimeters

RSA (S-PVQFN-N16)

PLASTIC QUAD FLATPACK NO-LEAD



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
  - B. This drawing is subject to change without notice.
  - C. Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
  - D. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to Application Note, QFN Packages, Texas Instruments Literature No. [SLUA271](#), and also the Product Data Sheets for specific thermal information, via requirements, and recommended board layout. These documents are available at [www.ti.com](http://www.ti.com) <<http://www.ti.com>>.
  - E. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC 7525 for stencil design considerations.
  - F. Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances.

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in TI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI components or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI components or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated TI component or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of TI components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of any TI components in safety-critical applications.

In some cases, TI components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, TI's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No TI components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those TI components which TI has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of TI components which have **not** been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI has specifically designated certain components as meeting ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. In any case of use of non-designated products, TI will not be responsible for any failure to meet ISO/TS16949.

### Products

Audio	<a href="http://www.ti.com/audio">www.ti.com/audio</a>
Amplifiers	<a href="http://amplifier.ti.com">amplifier.ti.com</a>
Data Converters	<a href="http://dataconverter.ti.com">dataconverter.ti.com</a>
DLP® Products	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>
DSP	<a href="http://dsp.ti.com">dsp.ti.com</a>
Clocks and Timers	<a href="http://www.ti.com/clocks">www.ti.com/clocks</a>
Interface	<a href="http://interface.ti.com">interface.ti.com</a>
Logic	<a href="http://logic.ti.com">logic.ti.com</a>
Power Mgmt	<a href="http://power.ti.com">power.ti.com</a>
Microcontrollers	<a href="http://microcontroller.ti.com">microcontroller.ti.com</a>
RFID	<a href="http://www.ti-rfid.com">www.ti-rfid.com</a>
OMAP Applications Processors	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>
Wireless Connectivity	<a href="http://www.ti.com/wirelessconnectivity">www.ti.com/wirelessconnectivity</a>

### Applications

Automotive and Transportation	<a href="http://www.ti.com/automotive">www.ti.com/automotive</a>
Communications and Telecom	<a href="http://www.ti.com/communications">www.ti.com/communications</a>
Computers and Peripherals	<a href="http://www.ti.com/computers">www.ti.com/computers</a>
Consumer Electronics	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
Energy and Lighting	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
Industrial	<a href="http://www.ti.com/industrial">www.ti.com/industrial</a>
Medical	<a href="http://www.ti.com/medical">www.ti.com/medical</a>
Security	<a href="http://www.ti.com/security">www.ti.com/security</a>
Space, Avionics and Defense	<a href="http://www.ti.com/space-avionics-defense">www.ti.com/space-avionics-defense</a>
Video and Imaging	<a href="http://www.ti.com/video">www.ti.com/video</a>

### TI E2E Community

[e2e.ti.com](http://e2e.ti.com)

---

## Stand-Alone System Load Sharing and Li-Ion / Li-Polymer Battery Charge Management Controller

---

### Features

- Integrated System Load Sharing and Battery Charge Management
  - Simultaneously Power the System and Charge the Li-Ion Battery
  - Voltage Proportional Current Control (VPCC) ensures system load has priority over Li-Ion battery charge current
  - Low-Loss Power-Path Management with Ideal Diode Operation
- Complete Linear Charge Management Controller
  - Integrated Pass Transistors
  - Integrated Current Sense
  - Integrated Reverse Discharge Protection
  - Selectable Input Power Sources: USB Port or AC-DC Wall Adapter
- Preset High Accuracy Charge Voltage Options:
  - 4.10V, 4.20V, 4.35V or 4.40V
  - $\pm 0.5\%$  Regulation Tolerance
- Constant Current / Constant Voltage (CC/CV) Operation with Thermal Regulation
- Maximum 1.8A Total Input Current Control
- Resistor Programmable Fast Charge Current Control: 50 mA to 1A
- Resistor Programmable Termination Set Point
- Selectable USB Input Current Control
  - Absolute Maximum: 100 mA (L) / 500 mA (H)
- Automatic Recharge
- Automatic End-of-Charge Control
- Safety Timer With Timer Enable/Disable Control
- 0.1C Preconditioning for Deeply Depleted Cells
- Battery Cell Temperature Monitor
- Undervoltage Lockout (UVLO)
- Low Battery Status Indicator ( $\overline{\text{LBO}}$ )
- Power-Good Status Indicator ( $\overline{\text{PG}}$ )
- Charge Status and Fault Condition Indicators
- Numerous Selectable Options Available for a Variety of Applications:
  - Refer to **Section 1.0 “Electrical Characteristics”** for Selectable Options”
  - Refer to the **“Product Identification System”** for Standard Options
- Temperature Range: -40°C to +85°C
- Packaging: 20-Lead QFN (4 mm x 4 mm)

### Applications

- GPSs / Navigators
- PDAs and Smart Phones
- Portable Media Players and MP3 Players
- Digital Cameras
- Bluetooth Headsets
- Portable Medical Devices
- Charge Cradles / Docking Stations
- Toys

### Description

The MCP73871 device is a fully integrated linear solution for system load sharing and Li-Ion / Li-Polymer battery charge management with ac-dc wall adapter and USB port power sources selection. It's also capable of autonomous power source selection between input or battery. Along with its small physical size, the low number of required external components makes the device ideally suited for portable applications.

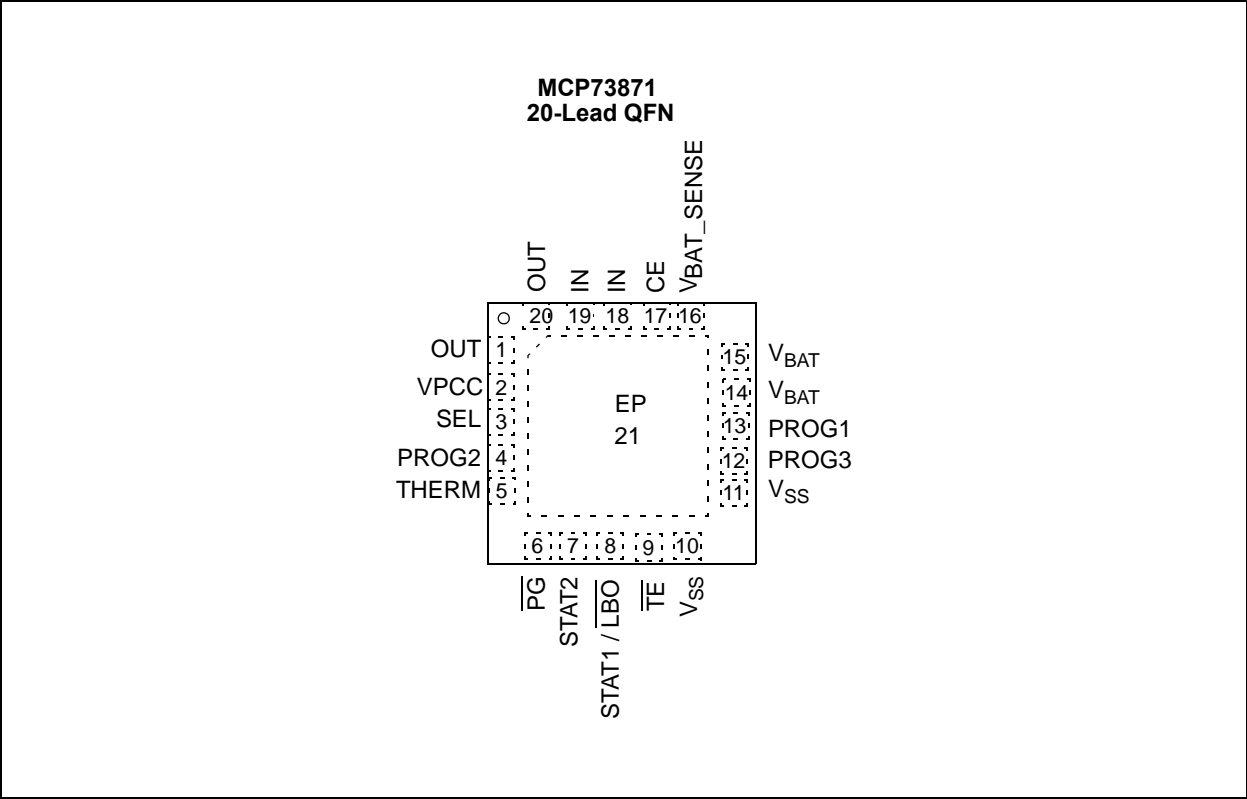
The MCP73871 device automatically obtains power for the system load from a single-cell Li-Ion battery or an input power source (ac-dc wall adapter or USB port). The MCP73871 device specifically adheres to the current drawn limits governed by the USB specification. With an ac-dc wall adapter providing power to the system, an external resistor sets the magnitude of 1A maximum charge current while supports up to 1.8A total current for system load and battery charge current.

The MCP73871 device employs a constant current / constant voltage (CC/CV) charge algorithm with selectable charge termination point. The constant voltage regulation is fixed with four available options: 4.10V, 4.20V, 4.35V, or 4.40V to accommodate new, emerging battery charging requirements. The MCP73871 device also limits the charge current based on die temperature during high power or high ambient conditions. This thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability.

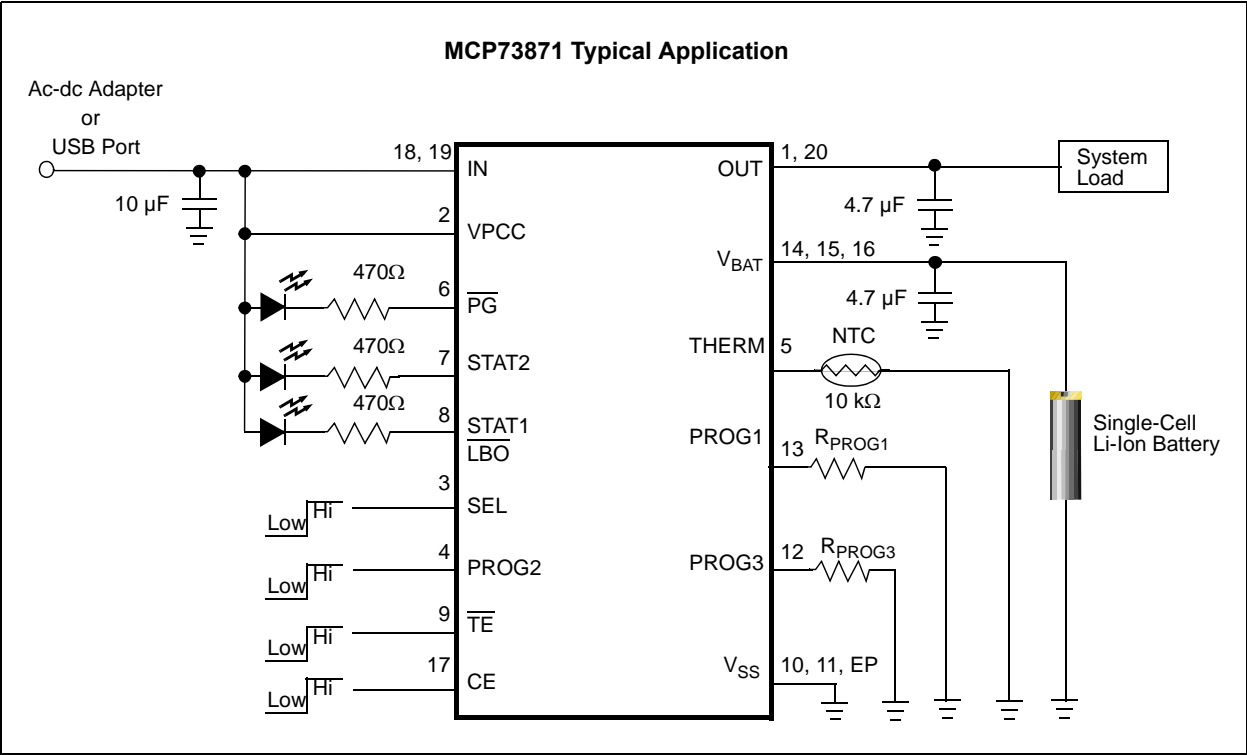
The MCP73871 device includes a low battery indicator, a power-good indicator and two charge status indicators that allows for outputs with LEDs or communication with host microcontrollers. The MCP73871 device is fully specified over the ambient temperature range of -40°C to +85°C.

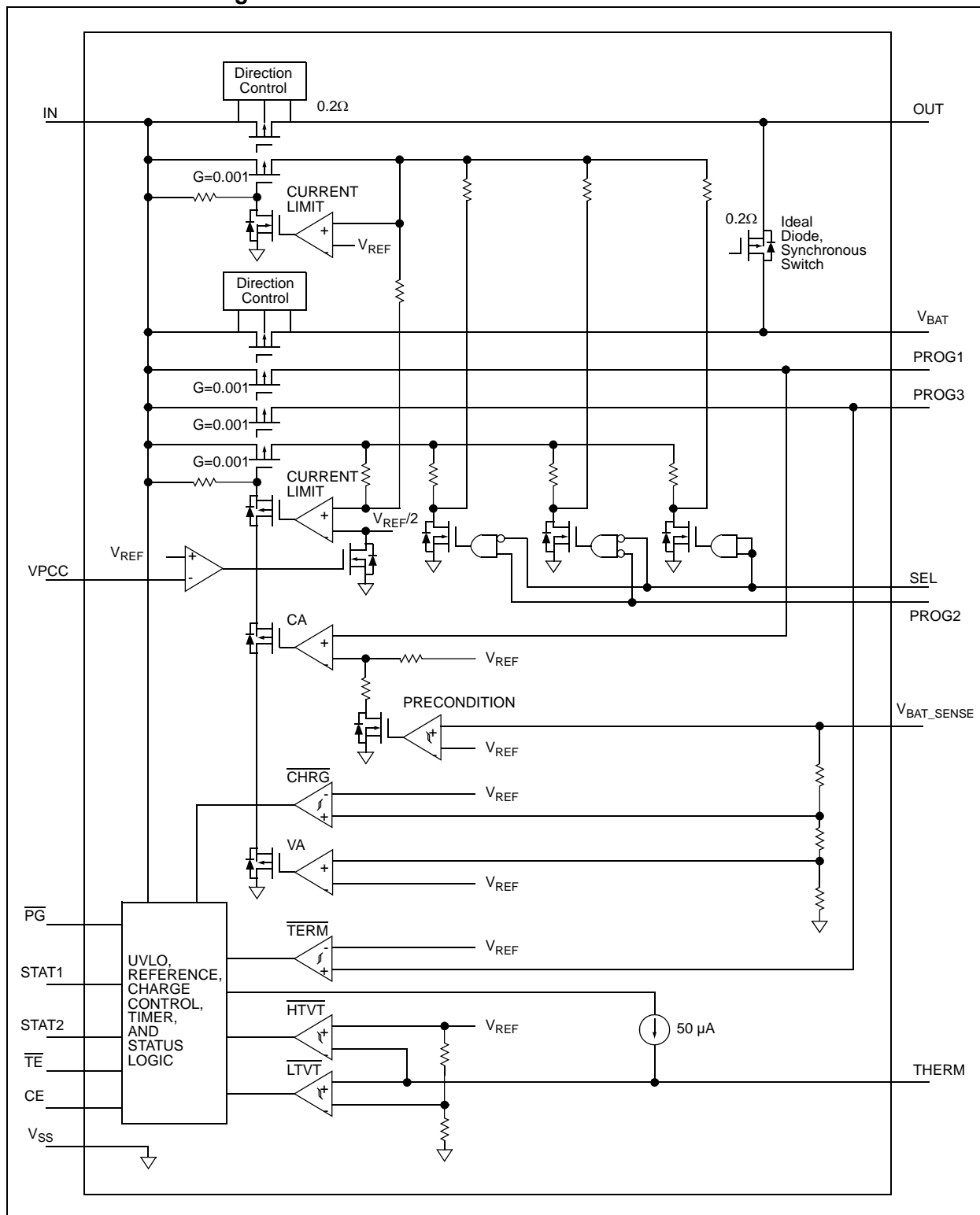
# MCP73871

## Package Types



## Typical Application Circuit





# MCP73871

---

NOTES:

## 1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings†

$V_{IN}$  ..... 7.0V  
 All Inputs and Outputs w.r.t. ....  $V_{SS}$ -0.3V to  $V_{DD}$ +0.3V  
 ( $V_{DD} = V_{IN}$  or  $V_{BAT}$ )  
 Maximum Junction Temperature,  $T_J$  ..... Internally Limited  
 Storage temperature ..... -65°C to +150°C  
 ESD protection on all pins  
 Human Body Model (1.5 k $\Omega$  in Series with 100pF) .....  $\geq 4$  kV  
 Machine Model (200 pF, No Series Resistance) ..... 300V

† **Notice:** Stresses above those listed under “Maximum Ratings” may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### DC CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{IN} = V_{REG} + 0.3V$ to 6V, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$ . Typical values are at $+25^{\circ}C$ , $V_{IN} = [V_{REG} \text{ (typical)} + 1.0V]$						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
Supply Input						
Supply Voltage	$V_{IN}$	$V_{REG} + 0.3V$	—	6	V	
Supply Current	$I_{SS}$	—	2500	3750	$\mu A$	Charging
		—	260	350	$\mu A$	Charge Complete
		—	180	300	$\mu A$	Standby
		—	28	50	$\mu A$	Shutdown ( $V_{DD} \leq V_{BAT} - 100 \text{ mV}$ or $V_{DD} < V_{STOP}$ )
UVLO Start Threshold	$V_{START}$	$V_{REG} + 0.05V$	$V_{REG} + 0.15V$	$V_{REG} + 0.25V$	V	$V_{DD}$ = Low-to-High
UVLO Stop Threshold	$V_{STOP}$	$V_{REG} - 0.07V$	$V_{REG} + 0.07V$	$V_{REG} + 0.17V$	V	$V_{DD}$ = High-to-Low
UVLO Hysteresis	$V_{HYS}$	—	90	—	mV	
Voltage Regulation (Constant Voltage Mode)						
Regulated Charge Voltage	$V_{REG}$	4.080	4.10	4.121	V	$V_{DD}$ =[ $V_{REG}$ (typical)+1V]
		4.179	4.20	4.221	V	$I_{OUT}$ =10 mA
		4.328	4.35	4.372	V	$T_A$ =-5°C to +55°C
		4.378	4.40	4.422		
Regulated Charge Voltage Tolerance	$V_{RTOL}$	-0.5	—	+0.5	%	$T_A$ = +25°C
		-0.75	—	+0.75	%	$T_A$ = -5°C to +55°C
Line Regulation	$[(\Delta V_{BAT}/V_{BAT})/\Delta V_{DD}]$	—	0.08	0.20	%/V	$V_{DD}$ =[ $V_{REG}$ (typical)+1V] to 6V $I_{OUT}$ =10 mA
Load Regulation	$ \Delta V_{BAT}/V_{BAT} $	—	0.08	0.18	%	$I_{OUT}$ =10 mA to 150 mA $V_{DD}$ = [ $V_{REG}$ (typical)+1V]
Supply Ripple Attenuation	PSRR	—	-47	—	dB	$I_{OUT}$ =10 mA, 1 kHz
		—	-40	—	dB	$I_{OUT}$ =10 mA, 10 kHz
Current Regulation (Fast Charge Constant-Current Mode)						
AC-Adapter Fast Charge Current	$I_{REG}$	90	100	110	mA	PROG1 = 10 kΩ
		900	1000	1100	mA	PROG1 = 1 kΩ, $T_A$ =-5°C to +55°C, SEL = Hi
USB Fast Charge Current	$I_{REG}$	80	90	100	mA	PROG2 = Low, SEL = Low, (Note 2)
		400	450	500	mA	PROG2 = High, SEL = Low, (Note 2) $T_A$ = -5°C to +55°C

**Note 1:** The value is ensured by design and not production tested.

**Note 2:** The maximum available charge current is also limited by the value set at PROG1 input.



# MCP73871

## DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)

<b>Electrical Specifications:</b> Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{IN} = V_{REG} + 0.3V$ to 6V, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$ . Typical values are at $+25^{\circ}C$ , $V_{IN} = [V_{REG} \text{ (typical)} + 1.0V]$						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Input Current Limit Control (ICLC)</b>						
USB-Port Supply Current Limit	$I_{LIMIT\_USB}$	80	90	100	mA	PROG2 = Low, SEL = Low
		400	450	500	mA	PROG2 = High, SEL = Low $T_A = -5^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$
AC-DC Adapter Current Limit	$I_{LIMIT\_AC}$	1500	1650	1800	mA	SEL = High, $T_A = -5^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$
<b>Voltage Proportional Charge Control (VPCC - Input Voltage Regulation)</b>						
VPCC Input Threshold	$V_{VPCC}$	—	1.23	—	V	$I_{OUT} = 10 \text{ mA}$
VPCC Input Threshold Tolerance	$V_{RTOL}$	-3	—	+3	%	$T_A = -5^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu A$	$V_{VPCC} = V_{DD}$
<b>Precondition Current Regulation (Trickle Charge Constant-Current Mode)</b>						
Precondition Current Ratio	$I_{PREG} / I_{REG}$	7.5	10	12.5	%	PROG1 = 1.0 k $\Omega$ to 10 k $\Omega$ $T_A = -5^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$
Precondition Current Threshold Ratio	$V_{PTH} / V_{REG}$	69	72	75	%	$V_{BAT}$ Low-to-High
Precondition Hysteresis	$V_{PHYS}$	—	105	—	mV	$V_{BAT}$ High-to-Low
<b>Automatic Charge Termination Set Point</b>						
Charge Termination Current Ratio	$I_{TERM}$	75	100	125	mA	PROG3 = 10 k $\Omega$
		7.5	10	12.5	mA	PROG3 = 100 k $\Omega$ $T_A = -5^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$
<b>Automatic Recharge</b>						
Recharge Voltage Threshold Ratio	$V_{RTH}$	$V_{REG} - 0.21V$	$V_{REG} - 0.15V$	$V_{REG} - 0.09V$	V	$V_{BAT}$ High-to-Low
<b>IN-to-OUT Pass Transistor ON-Resistance</b>						
ON-Resistance	$R_{DS\_ON}$	—	200	—	m $\Omega$	$V_{DD} = 4.5V$ , $T_J = 105^{\circ}C$
<b>Charge Transistor ON-Resistance</b>						
ON-Resistance	$R_{DSON}$	—	200	—	m $\Omega$	$V_{DD} = 4.5V$ , $T_J = 105^{\circ}C$
<b>BAT-to-OUT Pass Transistor ON-Resistance</b>						
ON-Resistance	$R_{DS\_ON}$	—	200	—	m $\Omega$	$V_{DD} = 4.5V$ , $T_J = 105^{\circ}C$
<b>Battery Discharge Current</b>						
Output Reverse Leakage Current	$I_{DISCHARGE}$	—	30	40	$\mu A$	Shutdown ( $V_{BAT} < V_{DD} < V_{UVLO}$ )
		—	30	40	$\mu A$	Shutdown ( $0 < V_{DD} \leq V_{BAT}$ )
		—	30	40	$\mu A$	$V_{BAT}$ = Power Out, No Load
		—	-6	-13	$\mu A$	Charge Complete
<b>Status Indicators - STAT1 (LBO), STAT2, PG</b>						
Sink Current	$I_{SINK}$	—	16	35	mA	
Low Output Voltage	$V_{OL}$	—	0.4	1	V	$I_{SINK} = 4 \text{ mA}$
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu A$	High Impedance, $V_{DD}$ on pin
<b>Low Battery Indicator (LBO)</b>						
Low Battery Detection Threshold	$V_{LBO}$	—	Disable	—		$V_{BAT} > V_{IN}$ , $\overline{PG} = \text{Hi-Z}$
		2.85	3.0	3.15	V	$T_A = -5^{\circ}C$ to $+55^{\circ}C$
		2.95	3.1	3.25	V	
		3.05	3.2	3.35	V	
Low Battery Detection Hysteresis	$V_{LBO \text{ HYS}}$	—	150	—	mV	$V_{BAT}$ Low-to-High

- Note** 1: The value is ensured by design and not production tested.  
2: The maximum available charge current is also limited by the value set at PROG1 input.

**DC CHARACTERISTICS (CONTINUED)**

**Electrical Specifications:** Unless otherwise indicated, all limits apply for  $V_{IN} = V_{REG} + 0.3V$  to  $6V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ . Typical values are at  $+25^{\circ}C$ ,  $V_{IN} = [V_{REG} \text{ (typical)} + 1.0V]$

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>PROG1 Input (PROG1)</b>						
Charge Impedance Range	$R_{PROG}$	1	—	20	$k\Omega$	
<b>PROG3 Input (PROG3)</b>						
Termination Impedance Range	$R_{PROG}$	5	—	100	$k\Omega$	
<b>PROG2 Input (PROG2)</b>						
Input High Voltage Level	$V_{IH}$	1.8	—	—	V	
Input Low Voltage Level	$V_{IL}$	—	—	0.8	V	
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu A$	$V_{PROG2} = V_{DD}$
<b>Timer Enable (<math>\overline{TE}</math>)</b>						
Input High Voltage Level	$V_{IH}$	1.8	—	—	V	<b>Note 1</b>
Input Low Voltage Level	$V_{IL}$	—	—	0.8	V	<b>Note 1</b>
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu A$	$V_{\overline{TE}} = V_{DD}$
<b>Chip Enable (CE)</b>						
Input High Voltage Level	$V_{IH}$	1.8	—	—	V	
Input Low Voltage Level	$V_{IL}$	—	—	0.8	V	
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu A$	$V_{CE} = V_{DD}$
<b>Input Source Selection (SEL)</b>						
Input High Voltage Level	$V_{IH}$	1.8	—	—	V	
Input Low Voltage Level	$V_{IL}$	—	—	0.8	V	
Input Leakage Current	$I_{LK}$	—	0.01	1	$\mu A$	$V_{SEL} = V_{DD}$
<b>Thermistor Bias</b>						
Thermistor Current Source	$I_{THERM}$	47	50	53	$\mu A$	$2\text{ k}\Omega < R_{THERM} < 50\text{ k}\Omega$
<b>Thermistor Comparator</b>						
Upper Trip Threshold	$V_{T1}$	1.20	1.24	1.26	V	$V_{T1}$ Low-to-High
Upper Trip Point Hysteresis	$V_{T1HYS}$	—	-40	—	mV	
Lower Trip Threshold	$V_{T2}$	0.23	0.25	0.27	V	$V_{T2}$ High-to-Low
Lower Trip Point Hysteresis	$V_{T2HYS}$	—	40	—	mV	
<b>Thermal Shutdown</b>						
Die Temperature	$T_{SD}$	—	150	—	$^{\circ}C$	
Die Temperature Hysteresis	$T_{SDHYS}$	—	10	—	$^{\circ}C$	

**Note 1:** The value is ensured by design and not production tested.

**2:** The maximum available charge current is also limited by the value set at PROG1 input.

# MCP73871

## AC CHARACTERISTICS

<b>Electrical Specifications:</b> Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{IN} = 4.6V$ to $6V$ . Typical values are at $+25^{\circ}C$ , $V_{DD} = [V_{REG} \text{ (typical)} + 1.0V]$						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
UVLO Start Delay	$t_{START}$	—	—	5	ms	$V_{DD}$ Low-to-High
<b>Current Regulation</b>						
Transition Time Out of Precondition	$t_{DELAY}$	—	—	10	ms	$V_{BAT} < V_{PTH}$ to $V_{BAT} > V_{PTH}$
Current Rise Time Out of Precondition	$t_{RISE}$	—	—	10	ms	$I_{OUT}$ Rising to 90% of $I_{REG}$
Precondition Comparator Filter Time	$t_{PRECON}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average $V_{BAT}$ Rise/Fall
Termination Comparator Filter Time	$t_{TERM}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average $I_{OUT}$ Falling
Charge Comparator Filter Time	$t_{CHARGE}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average $V_{BAT}$ Falling
Thermistor Comparator Filter Time	$t_{THERM}$	0.4	1.3	3.2	ms	Average THERM Rise/Fall
<b>Elapsed Timer</b>						
Elapsed Timer Period	$t_{ELAPSED}$	—	0	—	Hours	
		3.6	4.0	4.4	Hours	
		5.4	6.0	6.6	Hours	
		7.2	8.0	8.8	Hours	
<b>Status Indicators</b>						
Status Output Turn-off	$t_{OFF}$	—	—	500	$\mu s$	$I_{SINK} = 1 \text{ mA}$ to $0 \text{ mA}$
Status Output Turn-on	$t_{ON}$	—	—	500	$\mu s$	$I_{SINK} = 0 \text{ mA}$ to $1 \text{ mA}$

**Note 1:** Internal safety timer is tested base on internal oscillator frequency measurement.

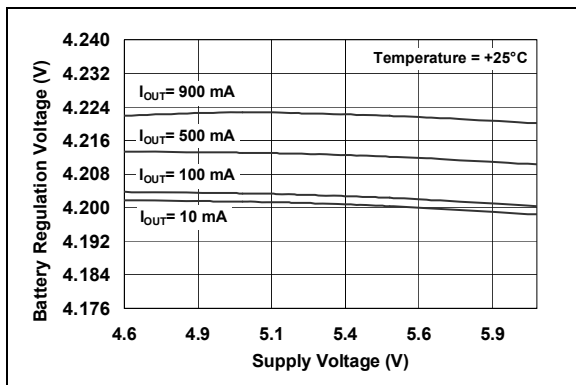
## TEMPERATURE SPECIFICATIONS

<b>Electrical Specifications:</b> Unless otherwise indicated, all limits apply for $V_{IN} = 4.6V$ to $6V$ . Typical values are at $+25^{\circ}C$ , $V_{DD} = [V_{REG} \text{ (typical)} + 1.0V]$						
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Temperature Ranges</b>						
Specified Temperature Range	$T_A$	-40	—	+85	$^{\circ}C$	
Operating Temperature Range	$T_J$	-40	—	+125	$^{\circ}C$	
Storage Temperature Range	$T_A$	-65	—	+150	$^{\circ}C$	
<b>Thermal Package Resistances</b>						
Thermal Resistance, 20LD-QFN, 4x4	$\theta_{JA}$	—	35	—	$^{\circ}C/W$	4-Layer JC51-7 Standard Board, Natural Convection

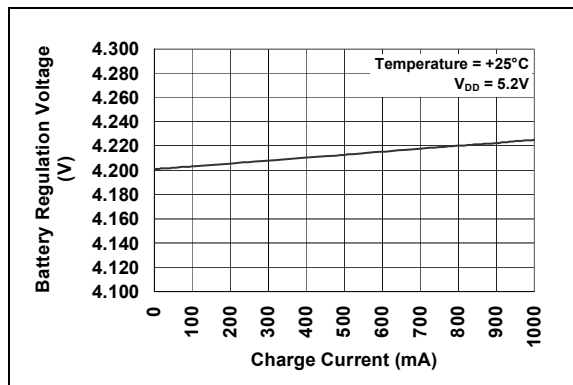
## 2.0 TYPICAL PERFORMANCE CURVES

**Note:** The graphs and tables provided following this note are a statistical summary based on a limited number of samples and are provided for informational purposes only. The performance characteristics listed herein are not tested or guaranteed. In some graphs or tables, the data presented may be outside the specified operating range (e.g., outside specified power supply range) and therefore outside the warranted range.

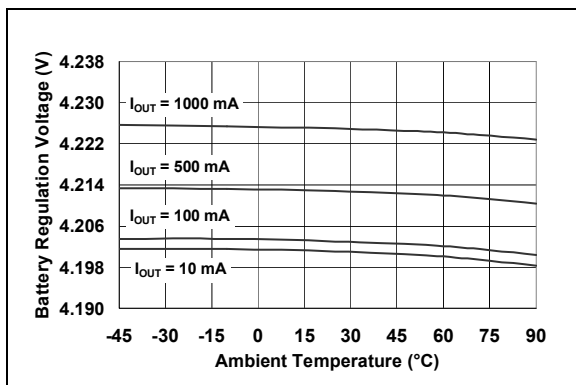
**Note:** Unless otherwise indicated,  $V_{IN} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$ ,  $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$  and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , Constant-voltage mode.



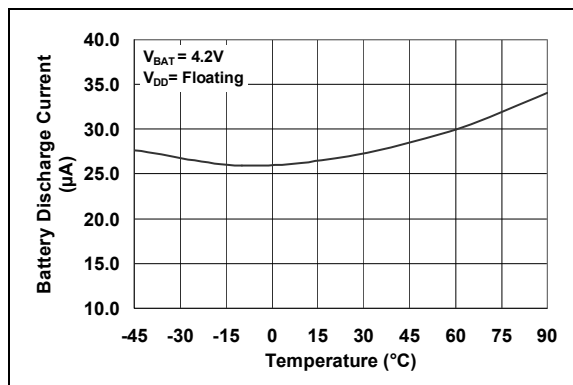
**FIGURE 2-1:** Battery Regulation Voltage ( $V_{BAT}$ ) vs. Supply Voltage ( $V_{DD}$ ).



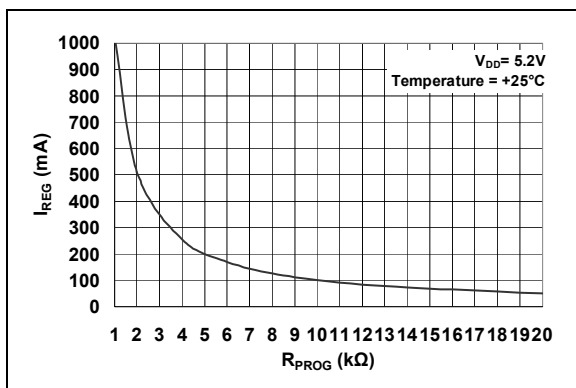
**FIGURE 2-4:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Battery Regulation Voltage ( $V_{BAT}$ ).



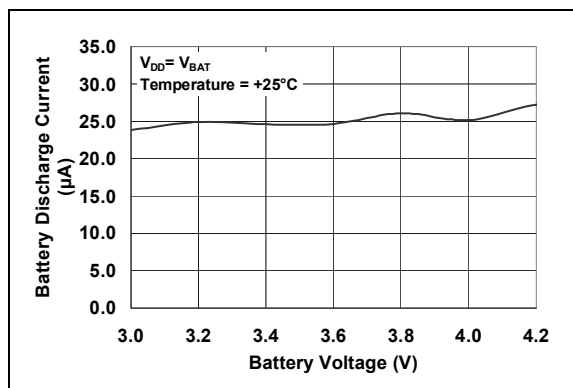
**FIGURE 2-2:** Battery Regulation Voltage ( $V_{BAT}$ ) vs. Ambient Temperature ( $T_A$ ).



**FIGURE 2-5:** Output Leakage Current ( $I_{DISCHARGE}$ ) vs. Ambient Temperature ( $T_A$ ).



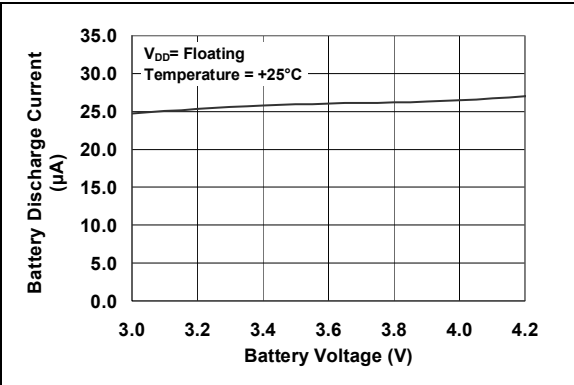
**FIGURE 2-3:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Programming Resistor ( $R_{PROG}$ ).



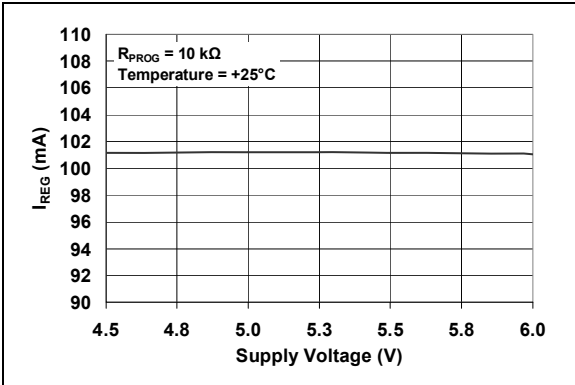
**FIGURE 2-6:** Output Leakage Current ( $I_{DISCHARGE}$ ) vs. Battery Regulation Voltage ( $V_{BAT}$ ).

# MCP73871

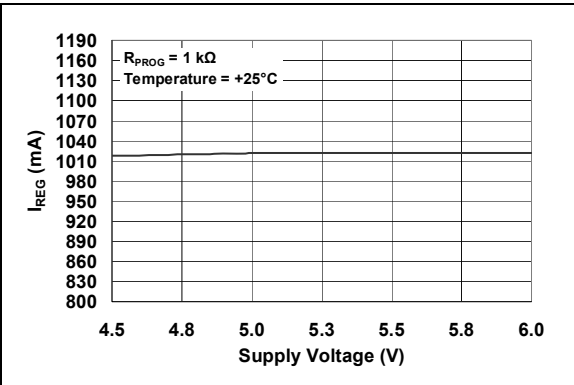
**Note:** Unless otherwise indicated,  $V_{IN} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$ ,  $I_{OUT} = 10\text{ mA}$  and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , Constant-voltage mode.



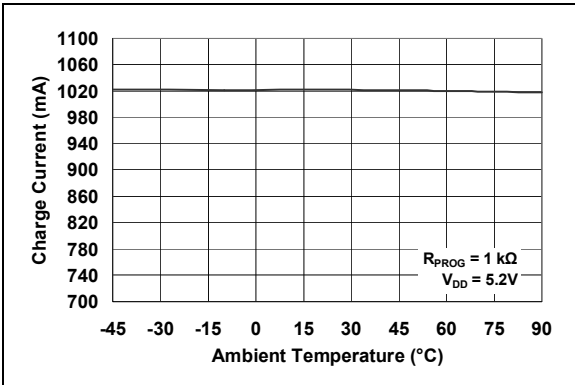
**FIGURE 2-7:** Output Leakage Current ( $I_{DISCHARGE}$ ) vs. Battery Voltage ( $V_{BAT}$ ).



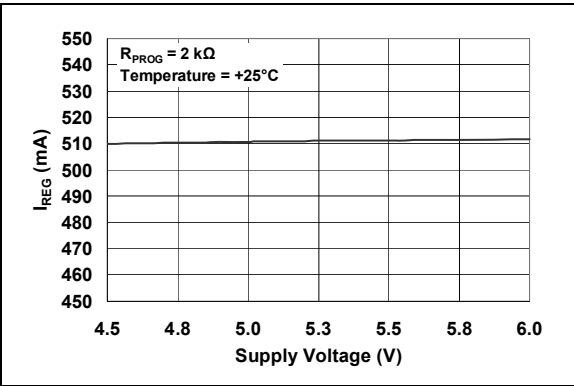
**FIGURE 2-10:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Supply Voltage ( $V_{DD}$ ).



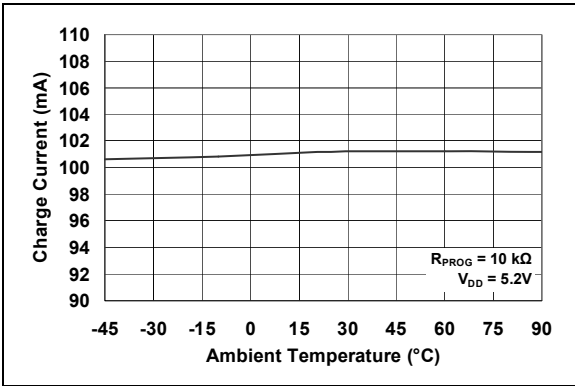
**FIGURE 2-8:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Supply Voltage ( $V_{DD}$ ).



**FIGURE 2-11:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Ambient Temperature ( $T_A$ ).

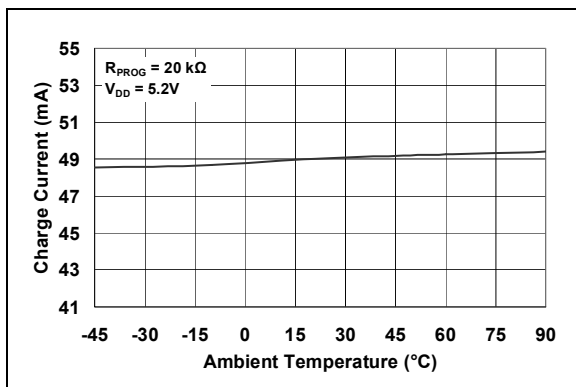


**FIGURE 2-9:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Supply Voltage ( $V_{DD}$ ).

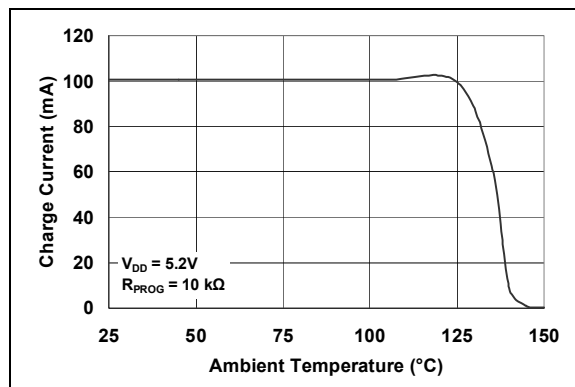


**FIGURE 2-12:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Ambient Temperature ( $T_A$ ).

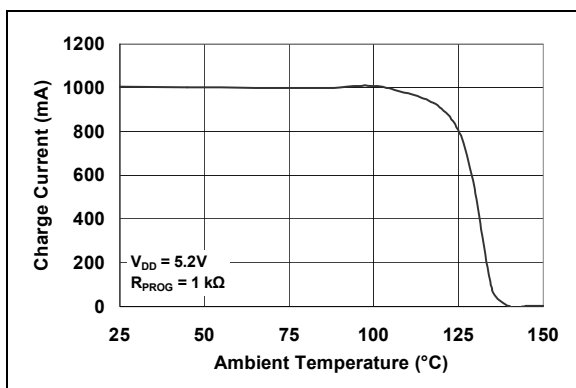
**Note:** Unless otherwise indicated,  $V_{IN} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$ ,  $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$  and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , Constant-voltage mode.



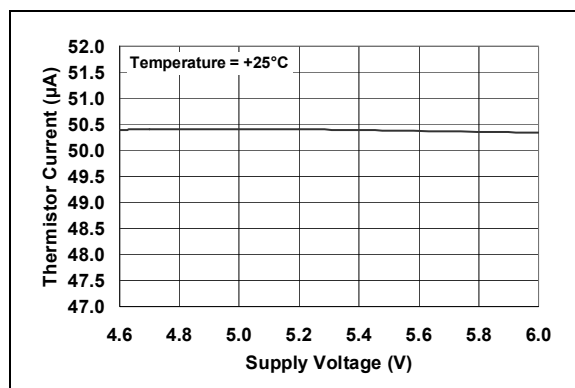
**FIGURE 2-13:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Ambient Temperature ( $T_A$ ).



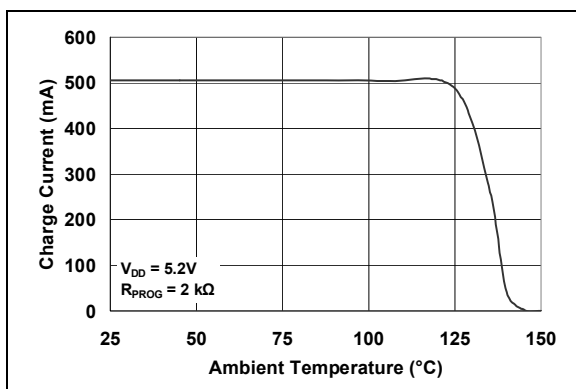
**FIGURE 2-16:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Junction Temperature ( $T_J$ ).



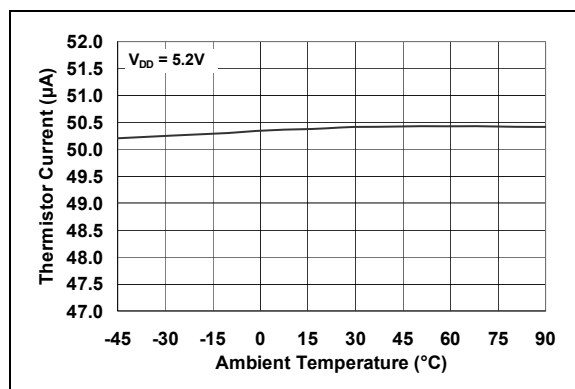
**FIGURE 2-14:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Junction Temperature ( $T_J$ ).



**FIGURE 2-17:** Thermistor Current ( $I_{THERM}$ ) vs. Supply Voltage ( $V_{DD}$ ).



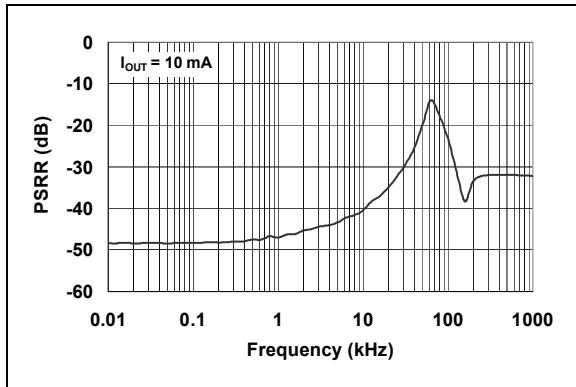
**FIGURE 2-15:** Charge Current ( $I_{OUT}$ ) vs. Junction Temperature ( $T_J$ ).



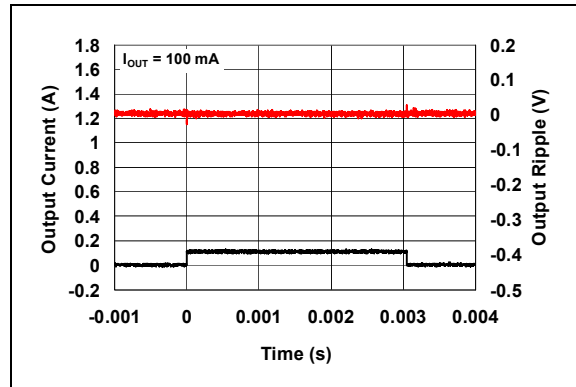
**FIGURE 2-18:** Thermistor Current ( $I_{THERM}$ ) vs. Ambient Temperature ( $T_A$ ).

# MCP73871

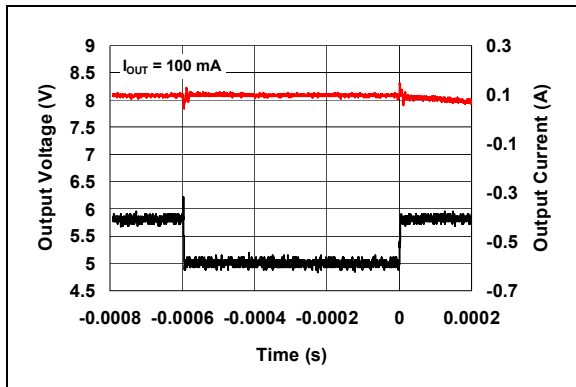
**Note:** Unless otherwise indicated,  $V_{IN} = [V_{REG}(typical) + 1V]$ ,  $I_{OUT} = 10\text{ mA}$  and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , Constant-voltage mode.



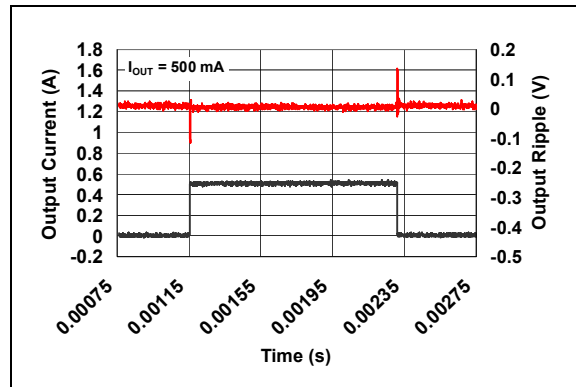
**FIGURE 2-19:** Power Supply Ripple Rejection (PSRR).



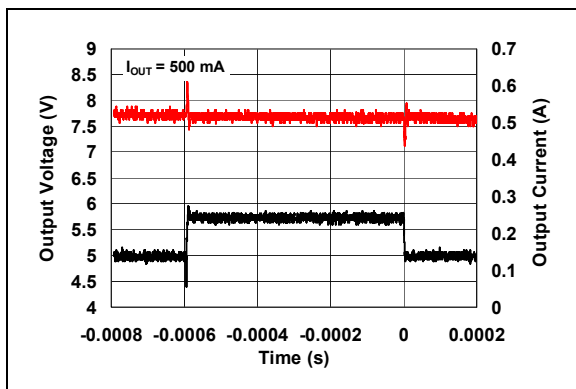
**FIGURE 2-22:** Load Transient Response.  
 $I_{OUT} = 100\text{ mA}$ .



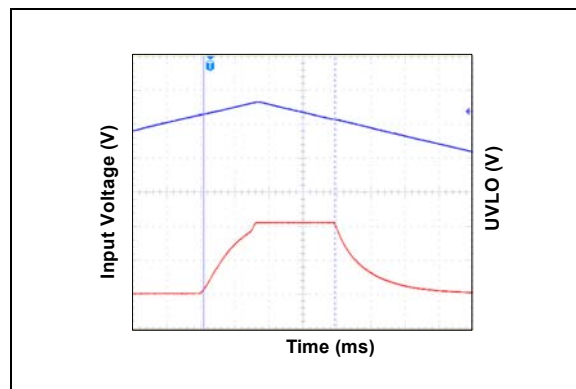
**FIGURE 2-20:** Line Transient Response.  
 $I_{OUT} = 100\text{ mA}$ .



**FIGURE 2-23:** Load Transient Response.  
 $I_{OUT} = 500\text{ mA}$ .

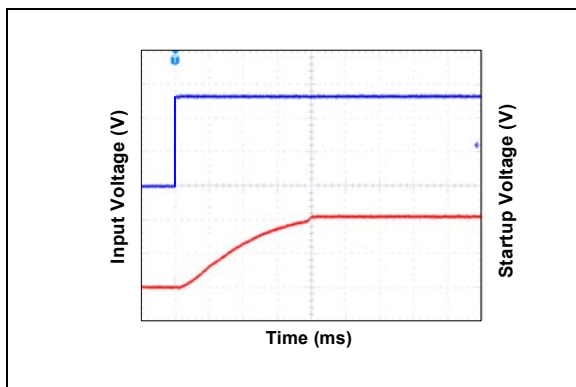


**FIGURE 2-21:** Line Transient Response.  
 $I_{OUT} = 500\text{ mA}$ .

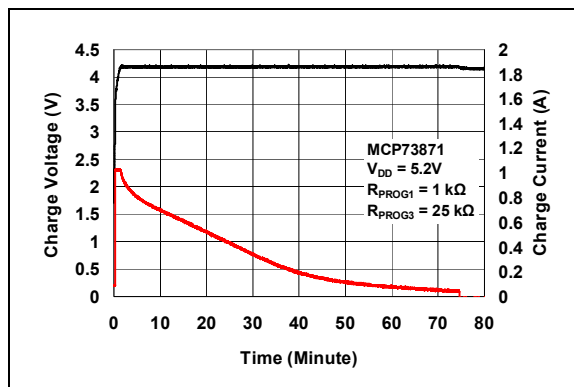


**FIGURE 2-24:** Undervoltage Lockout.

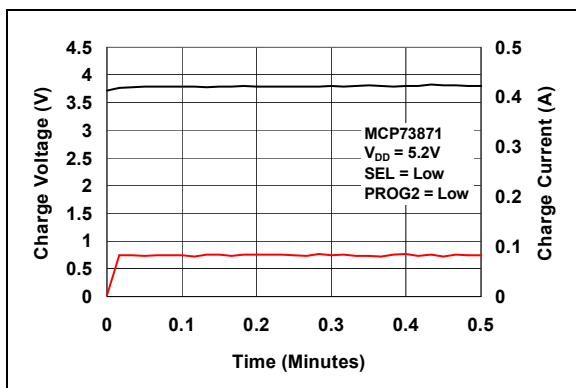
**Note:** Unless otherwise indicated,  $V_{IN} = [V_{REG}(\text{typical}) + 1V]$ ,  $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$  and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ , Constant-voltage mode.



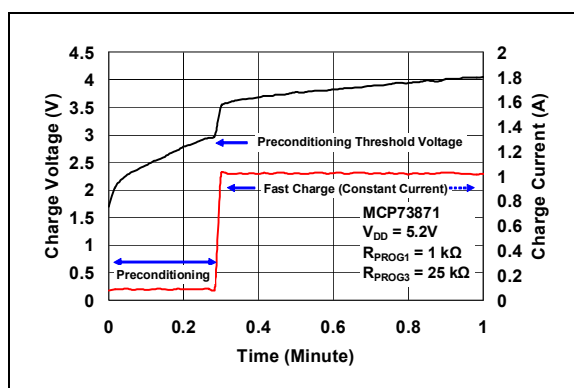
**FIGURE 2-25:** Startup Delay.



**FIGURE 2-27:** Complete Charge Cycle (1000 mAh Li-Ion Battery).



**FIGURE 2-26:** Complete Charge Cycle (130 mAh Li-Ion Battery).



**FIGURE 2-28:** Typical Charge Profile in Preconditioning (1000 mAh Battery).



# MCP73871

---

NOTES:

### 3.0 PIN DESCRIPTION

The descriptions of the pins are listed in [Table 3-1](#).

**TABLE 3-1: PIN FUNCTION TABLES**

Pin Number	Symbol	I/O	Function
1, 20	OUT	O	System Output Terminal
2	VPCC	I	Voltage proportional charge control
3	SEL	I	Input type selection (Low for USB port, High for ac-dc adapter)
4	PROG2	I	USB port input current limit selection when SEL = Low. (Low = 100 mA, High = 500 mA)
5	THERM	I/O	Thermistor monitoring input and bias current
6	$\overline{\text{PG}}$	O	Power-Good Status Output (Open-Drain)
7	STAT2	O	Charge Status Output 2 (Open-Drain)
8	STAT1 / LBO	O	Charge Status Output 1 (Open-Drain). Low battery output indicator when $V_{\text{BAT}} > V_{\text{IN}}$
9	$\overline{\text{TE}}$	I	Timer Enable; Enables Safety Timer when active Low
10, 11, EP	$V_{\text{SS}}$	—	Battery Management 0V Reference. EP (Exposed Thermal Pad); There is an internal electrical connection between the exposed thermal pad and $V_{\text{SS}}$ . The EP must be connected to the same potential as the $V_{\text{SS}}$ pin on the Printed Circuit Board (PCB)
12	PROG3	I/O	Termination set point for both ac-dc adapter and USB port
13	PROG1	I/O	Fast charge current regulation setting with SEL = High. Preconditioning set point for both USB port and ac-dc adapter.
14, 15	$V_{\text{BAT}}$	I/O	Battery Positive Input and Output connection
16	$V_{\text{BAT\_SENSE}}$	I/O	Battery Voltage Sense
17	CE	I	Device Charge Enable; Enabled when CE = High
18, 19	IN	I	Power Supply Input.
<b>Legend:</b> I = Input, O = Output, I/O = Input/Output			

**Note:** The input pins should always tie to either High or Low, and never allow floating to ensure operation properly.

#### 3.1 Power Supply Input (IN)

A supply voltage of  $V_{\text{REG}} + 0.3\text{V}$  to 6V is recommended. Bypass to  $V_{\text{SS}}$  with a minimum of 4.7  $\mu\text{F}$ .

#### 3.2 System Output Terminal (OUT)

The MCP73871 device powers the system via output terminals while independently charging the battery. This feature reduces the charge and discharge cycles on the battery, allows for proper charge termination and the system to run with an absent or defective battery pack. Also, this feature gives the system priority on input power, allowing the system to power-up with deeply depleted battery packs. Bypass to  $V_{\text{SS}}$  with a minimum of 4.7  $\mu\text{F}$  is recommended.

#### 3.3 Voltage Proportional Charge Control (VPCC)

If the voltage on the IN pin drops to a preset value, determined by the threshold established at the VPCC input, due to a limited amount of input current or input source impedance, the battery charging current is reduced. Further demand from the system is supported by the battery, if possible. To active this feature, simply supply 1.23V or greater to VPCC pin. This feature can be disabled by connecting the VPCC pin to IN.

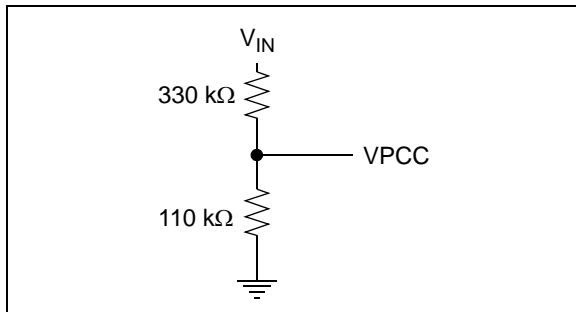
For example, a system is designed with a 5.5V rated DC power supply with  $\pm 0.5\text{V}$  tolerance. The worst condition of 5V is selected, which is used to calculate the VPCC supply voltage with divider.

# MCP73871

The voltage divider equation is shown below:

$$V_{VPCC} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times V_{IN} = 1.23V$$
$$1.23V = \left( \frac{110k\Omega}{110k\Omega + R_1} \right) \times 5V$$
$$R_1 = 337.2k\Omega$$

The calculated  $R_1$  equals to 337.2 k $\Omega$  when 110 k $\Omega$  is selected for  $R_2$ . The 330 k $\Omega$  resistor is selected for  $R_1$  to build the voltage divider for VPCC.



**FIGURE 3-1:** Voltage Divider Example.

## 3.4 Input Source Type Selection (SEL)

The input source type selection (SEL) pin is used to select input power source for input current limit control feature. With the SEL input High, the MCP73871 device is designed to provide a typical 1.65A to system power and charge Li-Ion battery from a regular 5V wall adapter. The MCP73871 device limits the input current up to 1.8A. When SEL active Low, the input source is designed to provide system power and Li-Ion battery charging from a USB Port input while adhering to the current limits governed by the USB specification.

## 3.5 Battery Management 0V Reference (V<sub>SS</sub>)

Connect to negative terminal of battery, system load and input supply.

## 3.6 Battery Charge Control Output (V<sub>BAT</sub>)

Connect to positive terminal of Li-Ion / Li-Polymer batteries. Bypass to V<sub>SS</sub> with a minimum of 4.7  $\mu$ F to ensure loop stability when the battery is disconnected.

## 3.7 Battery Voltage Sense (V<sub>BAT\_SENSE</sub>)

Connect to positive terminal of battery. A precision internal voltage sense regulates the final voltage on this pin to V<sub>REG</sub>.

## 3.8 Charge Current Regulation Set (PROG1)

The maximum constant charge current is set by placing a resistor from PROG1 to V<sub>SS</sub>. PROG1 sets the maximum constant charge current for both ac-dc adapter and USB port. However, the actual charge current is based on input source type and system load requirement.

## 3.9 USB-Port Current Regulation Set (PROG2)

The MCP73871 device USB-Port current regulation set input (PROG2) is a digital input selection. A logic Low selects a 1 unit load input current from USB port (100 mA); a logic High selects a 5 unit loads input current from USB port (500 mA).

## 3.10 Charge Status Output 1 (STAT1)

STAT1 is an open-drain logic output for connection to an LED for charge status indication. Alternatively, a pull-up resistor can be applied for interfacing to a host microcontroller. Refer to [Table 5-1](#) for a summary of the status output during a charge cycle.

## 3.11 Charge Status Output 2 (STAT2)

STAT2 is an open-drain logic output for connection to an LED for charge status indication. Alternatively, a pull-up resistor can be applied for interfacing to a host microcontroller. Refer to [Table 5-1](#) for a summary of the status output during a charge cycle.

## 3.12 Power-Good ( $\overline{PG}$ )

The power-good ( $\overline{PG}$ ) is an open-drain logic output for input power supply indication. The  $\overline{PG}$  output is low whenever the input to the MCP73871 device is above the UVLO threshold and greater than the battery voltage. The  $\overline{PG}$  output can be used as an indication to the user via an illuminated LED or to the system via a pull-up resistor for interfacing to a host microcontroller that an input source other than the battery is supplying power. Refer to [Table 5-1](#) for a summary of the status output during a charge cycle.

## 3.13 Low Battery Output ( $\overline{LBO}$ )

STAT1 also serves as low battery output (LBO) if the selected MCP73871 is equipped with this feature. It reminds the system or end user when the Li-Ion battery voltage level is low. The  $\overline{LBO}$  feature enables when the system is running from the Li-Ion batteries. The  $\overline{LBO}$  indicator can be used as an indication to the user via lit up LED or to the system via a pull-up resistor for interfacing to a host microcontroller that an input source other than the battery is supplying power. Refer to [Table 5-1](#) for a summary of the status output during a charge cycle.

## 3.14 Timer Enable ( $\overline{\text{TE}}$ )

The timer enable ( $\overline{\text{TE}}$ ) feature is used to enable or disable the internal timer. A low signal on this pin enables the internal timer and a high signal disables the internal timer. The  $\overline{\text{TE}}$  input can be used to disable the timer when the system load is substantially limiting the available supply current to charge the battery. The  $\overline{\text{TE}}$  input is compatible with 1.8V logic.

<b>Note:</b> The built-in safety timer is available for the following options: 4 HR, 6 HR and 8 HR.
---

## 3.15 Battery Temperature Monitor (THERM)

The MCP73871 device continuously monitor battery temperature during a charge cycle by measuring the voltage between the THERM and  $V_{SS}$  pins. An internal 50  $\mu\text{A}$  current source provides the bias for most common 10 k $\Omega$  negative-temperature coefficient thermistors (NTC). The MCP73871 device compares the voltage at the THERM pin to factory set thresholds of 1.24V and 0.25V, typically. Once a voltage outside the thresholds is detected during a charge cycle, the MCP73871 device immediately suspends the charge cycle. The charge cycle resumes when the voltage at the THERM pin returns to the normal range. The charge temperature window can be set by placing fixed value resistors in series-parallel with a thermistor. Refer to **Section 6.0 “Applications”** for calculations of resistance values.

## 3.16 Charge Enable (CE)

With the CE input Low, the Li-Ion battery charger feature of the MCP73871 will be disabled. The charger feature is enabled when CE is active High. Allowing the CE pin to float during the charge cycle may cause system instability. The CE input is compatible with 1.8V logic. Refer to **Section 6.0 “Applications”** for various applications in designing with CE features.

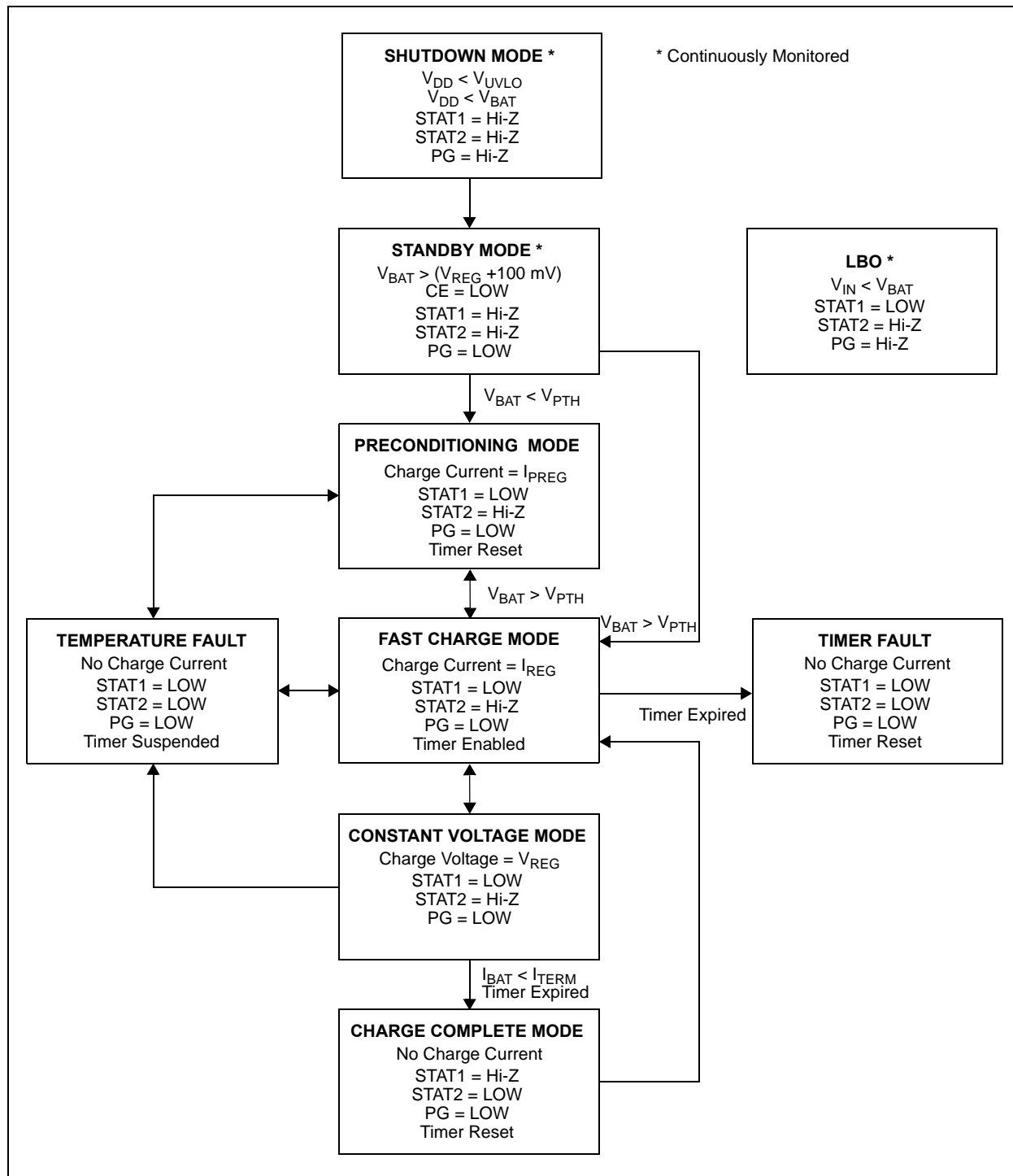
## 3.17 Exposed Thermal Pad (EP)

There is an internal electrical connection between the Exposed Thermal Pad (EP) and the  $V_{SS}$  pin; they must be connected to the same potential.

NOTES:

## 4.0 DEVICE OVERVIEW

The MCP73871 device is a simple, but fully integrated linear charge management controllers with system load sharing feature. Figure 4-1 depicts the operational flow algorithm.



**FIGURE 4-1:** MCP73871 Device Flow Chart.

# MCP73871

## 4.1 UnderVoltage Lockout (UVLO)

An internal undervoltage lockout (UVLO) circuit monitors the input voltage and keeps the charger in shutdown mode until the input supply rises above the UVLO threshold.

In the event a battery is present when the input power is applied, the input supply must rise approximately 100 mV above the battery voltage before the MCP73871 device become operational.

The UVLO circuit places the device in shutdown mode if the input supply falls to approximately 100 mV of the battery voltage.

The UVLO circuit is always active. At any time, the input supply is below the UVLO threshold or approximately 100 mV of the voltage at the  $V_{BAT}$  pin, the MCP73871 device is placed in a shutdown mode.

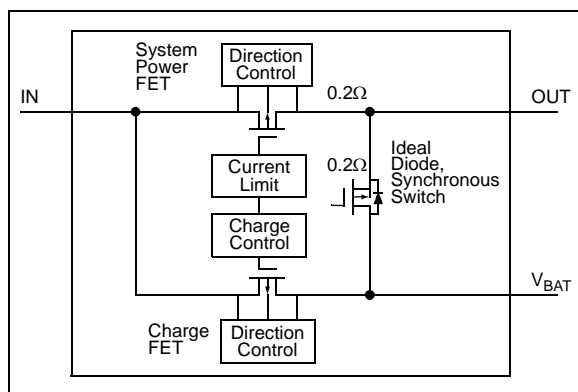
During any UVLO condition, the battery reverse discharge current shall be less than 2  $\mu$ A.

## 4.2 System Load Sharing

The system load sharing feature gives the system priority on input power, allowing the system to power-up with deeply depleted battery packs.

With the SEL input active Low, the MCP73871 device is designed to provide system power and Li-Ion battery charging from a USB input while adhering to the current limits governed by the USB specification.

With the SEL input active High, the MCP73871 device limits the total supply current to 1.8A (system power and charge current combined).



**FIGURE 4-2:** System Load Sharing Diagram.

## 4.3 Charge Qualification

For a charge cycle to begin, all UVLO conditions must be met and a battery or output load must be present.

A charge current programming resistor must be connected from PROG1 to  $V_{SS}$  when SEL = High. When SEL = Low, PROG2 needs to tie to High or Low for proper operation.

## 4.4 Preconditioning

If the voltage at the  $V_{BAT}$  pin is less than the preconditioning threshold, the MCP73871 device enters a preconditioning mode. The preconditioning threshold is factory set. Refer to **Section 1.0 “Electrical Characteristics”** for preconditioning threshold options.

In this mode, the MCP73871 device supplies 10% of the fast charge current (established with the value of the resistor connected to the PROG1 pin) to the battery.

When the voltage at the  $V_{BAT}$  pin rises above the preconditioning threshold, the MCP73871 device enters the constant current (fast charge) mode.

## 4.5 Constant Current Mode - Fast Charge

During the constant current mode, the programmed charge current is supplied to the battery or load. The charge current is established using a single resistor from PROG1 to  $V_{SS}$ . The program resistor and the charge current are calculated using the following equation:

### EQUATION 4-1:

$$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG1}}$$

Where:

$R_{PROG}$  = kilo-ohms (k $\Omega$ )  
 $I_{REG}$  = milliampere (mA)

Constant current mode is maintained until the voltage at the  $V_{BAT}$  pin reaches the regulation voltage,  $V_{REG}$ .

When constant current mode is invoked, the internal timer is reset.

### 4.5.1 TIMER EXPIRED DURING CONSTANT CURRENT - FAST CHARGE MODE

If the internal timer expires before the recharge voltage threshold is reached, a timer fault is indicated and the charge cycle terminates. The MCP73871 device remains in this condition until the battery is removed. If the battery is removed, the MCP73871 device enters the Stand-by mode where it remains until a battery is reinserted.

## 4.6 Constant Voltage Mode

When the voltage at the  $V_{BAT}$  pin reaches the regulation voltage,  $V_{REG}$ , constant voltage regulation begins. The regulation voltage is factory set to 4.10V or 4.20V with a tolerance of  $\pm 0.5\%$ .

## 4.7 Charge Termination

The charge cycle is terminated when, during constant voltage mode, the average charge current diminishes below a threshold established with the value of a resistor connected from PROG3 to  $V_{SS}$  or internal timer has expired. A 1 ms filter time on the termination comparator ensures that transient load conditions do not result in premature charge cycle termination. The timer period is factory set and can be disabled. Refer to **Section 1.0 “Electrical Characteristics”** for timer period options.

The program resistor and the charge current are calculated using the following equation:

### EQUATION 4-2:

$$I_{TERMINATION} = \frac{1000V}{R_{PROG3}}$$

Where:

$R_{PROG}$  = kilo-ohms (k $\Omega$ )

$I_{REG}$  = milliampere (mA)

The charge current is latched off and the MCP73871 device enters a charge complete mode. The recommended PROG3 resistor values are between 5 k $\Omega$  and 100 k $\Omega$ .

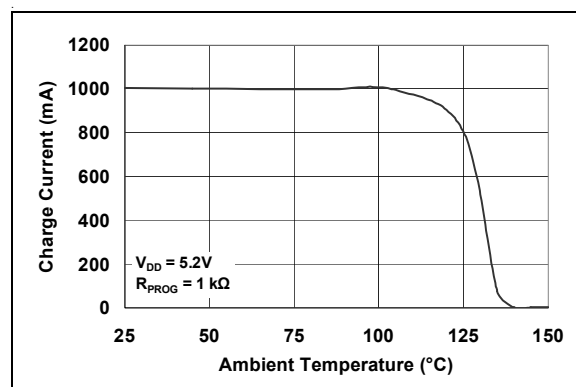
## 4.8 Automatic Recharge

The MCP73871 device continuously monitors the voltage at the  $V_{BAT}$  pin in the charge complete mode. If the voltage drops below the recharge threshold, another charge cycle begins and current is once again supplied to the battery or load. The recharge threshold is factory set. Refer to **Section 1.0 “Electrical Characteristics”** for recharge threshold options.

**Note:** Charge termination and automatic recharge features avoid constant charging Li-Ion batteries to prolong life of Li-Ion batteries while keeping their capacity at healthy level.

## 4.9 Thermal Regulation

The MCP73871 device limits the charge current based on the die temperature. The thermal regulation optimizes the charge cycle time while maintaining device reliability. [Figure 4-3](#) depicts the thermal regulation for the MCP73871 device. Refer to **Section 1.0 “Electrical Characteristics”** for thermal package resistances and **Section 6.1.1.2 “Thermal Considerations”** for calculating power dissipation.



**FIGURE 4-3:** Thermal Regulation

## 4.10 Thermal Shutdown

The MCP73871 device suspends charge if the die temperature exceeds 150°C. Charging will resume when the die temperature has cooled by approximately 10°C. The thermal shutdown is a secondary safety feature in the event that there is a failure within the thermal regulation circuitry.

## 4.11 Temperature Qualification

The MCP73871 device continuously monitor battery temperature during a charge cycle by measuring the voltage between the THERM and  $V_{SS}$  pins. An internal 50  $\mu$ A current source provides the bias for most common 10 k $\Omega$  negative-temperature coefficient thermistors (NTC). The MCP73871 device compares the voltage at the THERM pin to factory set thresholds of 1.24V and 0.25V, typically. Once a voltage outside the thresholds is detected during a charge cycle, the MCP73871 device immediately suspends the charge cycle. The MCP73871 device suspends charge by turning off the charge pass transistor and holding the timer value. The charge cycle resumes when the voltage at the THERM pin returns to the normal range.



## 4.12 Voltage Proportional Charge Control (VPCC)

If the voltage on the IN pin drops to a preset value, determined by the threshold established at the VPCC input, due to a limited amount of input current or input source impedance, then the battery charging current is reduced. The VPCC control tries to reach a steady-state condition where the system load has priority and the battery is charged with the remaining current. Therefore, if the system demands more current than the input can provide, the ideal diode will become forward biased and the battery is able to supplement the input current to the system load.

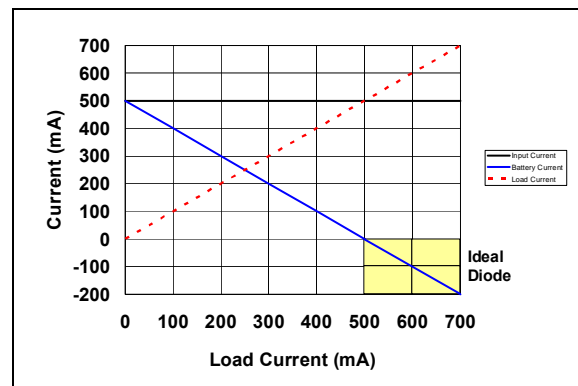
The VPCC sustains the system load as its highest priority. It does this by reducing the noncritical charge current while maintaining the maximum power output of the adapter. Further demand from the system is supported by the battery, if possible.

The VPCC feature functions identically for USB port or ac-dc adapter inputs. This feature can be disabled by connecting the VPCC to IN pin.

## 4.13 Input Current Limit Control (ICLC)

If the input current threshold is reached, then the battery charging current is reduced. The ICLC tries to reach a steady-state condition where the system load has priority and the battery is charged with the remaining current. No active control limits the current to the system. Therefore, if the system demands more current than the input can provide or the input ICLC is reached, the ideal diode will become forward biased and the battery is able to supplement the input current to the system load.

The ICLC sustains the system load as its highest priority. This is done by reducing the non-critical charge current while adhering to the current limits governed by the USB specification or the maximum ac-dc adapter current supported. Further demand from the system is supported by the battery, if possible.



**FIGURE 4-4:** *Input Current Limit Control - USB Port.*

## 5.0 DETAILED DESCRIPTION

### 5.1 Analog Circuitry

#### 5.1.1 LOAD SHARING AND LI-ION BATTERY MANAGEMENT INPUT SUPPLY ( $V_{IN}$ )

The  $V_{IN}$  input is the input supply to the MCP73871 device. The MCP73871 device can be supplied by either AC Adapter ( $V_{AC}$ ) or USB Port ( $V_{USB}$ ) with SEL pin. The MCP73871 device automatically powers the system with the Li-Ion battery when the  $V_{IN}$  input is not present.

#### 5.1.2 FAST CHARGE CURRENT REGULATION SET (PROG1)

For the MCP73871 device, the charge current regulation can be scaled by placing a programming resistor ( $R_{PROG1}$ ) from the PROG1 pin to  $V_{SS}$ . The program resistor and the charge current are calculated using the following equation:

#### EQUATION 5-1:

$$I_{REG} = \frac{1000V}{R_{PROG1}}$$

Where:

$R_{PROG}$  = kilo-ohms (k $\Omega$ )

$I_{REG}$  = milliamperes (mA)

The fast charge current is set for maximum charge current from ac-dc adapter and USB port. The preconditioning current is 10% (0.1C) to the fast charge current.

#### 5.1.3 BATTERY CHARGE CONTROL OUTPUT ( $V_{BAT}$ )

The battery charge control output is the drain terminal of an internal P-channel MOSFET. The MCP73871 device provides constant current and voltage regulation to the battery pack by controlling this MOSFET in the linear region. The battery charge control output should be connected to the positive terminal of the battery pack.

#### 5.1.4 TEMPERATURE QUALIFICATION (THERM)

The MCP73871 device continuously monitors battery temperature during a charge cycle by measuring the voltage between the THERM and  $V_{SS}$  pins. An internal 50  $\mu$ A current source provides the bias for most common 10 k $\Omega$  negative-temperature coefficient (NTC) or positive-temperature coefficient (PTC) thermistors. The current source is controlled, avoiding measurement sensitivity to fluctuations in the supply voltage ( $V_{DD}$ ). The MCP73871 device compares the voltage at the THERM pin to factory set thresholds of

1.24V and 0.25V, typically. Once a voltage outside the thresholds is detected during a charge cycle, the MCP73871 device immediately suspends the charge cycle.

The MCP73871 device suspends charge by turning off the pass transistor and holding the timer value. The charge cycle resumes when the voltage at the THERM pin returns to the normal range.

If temperature monitoring is not required, place a standard 10 k $\Omega$  resistor from THERM to  $V_{SS}$ .

### 5.2 Digital Circuitry

#### 5.2.1 STATUS INDICATORS AND POWER-GOOD (PG)

The charge status outputs have two different states: Low (L), and High Impedance (Hi-Z). The charge status outputs can be used to illuminate LEDs. Optionally, the charge status outputs can be used as an interface to a host microcontroller. Table 5-1 summarizes the state of the status outputs during a charge cycle.

TABLE 5-1: STATUS OUTPUTS

CHARGE CYCLE STATE	STAT1	STAT2	$\overline{PG}$
Shutdown ( $V_{DD} = V_{BAT}$ )	Hi-Z	Hi-Z	Hi-Z
Shutdown ( $V_{DD} = IN$ )	Hi-Z	Hi-Z	L
Preconditioning	L	Hi-Z	L
Constant Current	L	Hi-Z	L
Constant Voltage	L	Hi-Z	L
Charge Complete - Standby	Hi-Z	L	L
Temperature Fault	L	L	L
Timer Fault	L	L	L
Low Battery Output	L	Hi-Z	Hi-Z
No Battery Present	Hi-Z	Hi-Z	L
No Input Power Present	Hi-Z	Hi-Z	Hi-Z

#### 5.2.2 AC-DC ADAPTER AND USB PORT POWER SOURCE REGULATION SELECT (SEL)

With the SEL input Low, the MCP73871 device is designed to provide system power and Li-Ion battery charging from a USB input while adhering to the current limits governed by the USB specification. The host microcontroller has the option selecting either a 100 mA (L) or a 500 mA (H) current limit based on the PROG2 input. With the SEL input High, the MCP73871 device limits the input current to 1.8A. The programmed charge current is established using a single resistor from PROG1 to  $V_{SS}$  when driving SEL High.

## 5.2.3 USB PORT CURRENT REGULATION SELECT (PROG2)

Driving the PROG2 input to a logic Low selects the low USB port source current setting (maximum 100 mA). Driving the PROG2 input to a logic High selects the high USB port source current setting (Maximum 500 mA).

## 5.2.4 POWER-GOOD ( $\overline{\text{PG}}$ )

The power-good ( $\overline{\text{PG}}$ ) option is a pseudo open-drain output. The  $\overline{\text{PG}}$  output can sink current, but not source current. However, there is a diode path back to the input, and as such, the output should only be pulled up to the input. The  $\overline{\text{PG}}$  output is low whenever the input to the MCP73871 device is above the UVLO threshold and greater than the battery voltage. The  $\overline{\text{PG}}$  output can be used as an indication to the system that an input source other than the battery is supplying power.

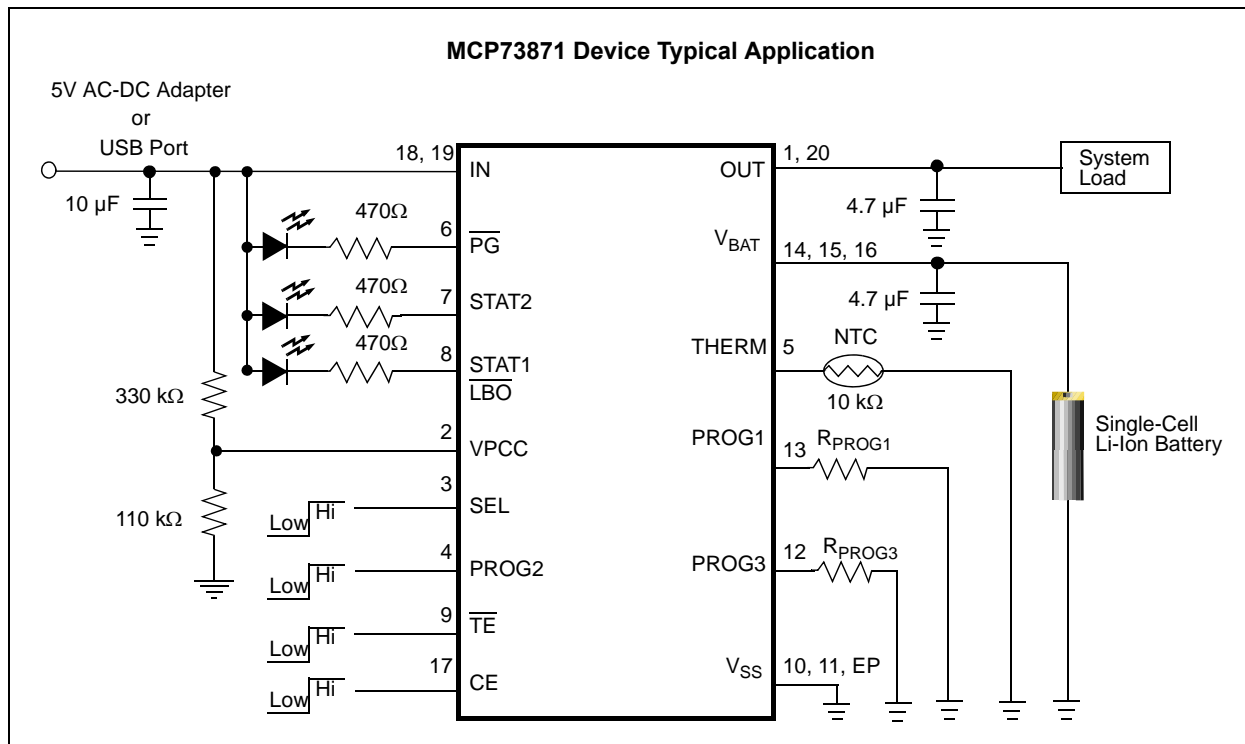
## 5.2.5 TIMER ENABLE ( $\overline{\text{TE}}$ ) OPTION

The timer enable ( $\overline{\text{TE}}$ ) input option is used to enable or disable the internal timer. A low signal on this pin enables the internal timer and a high signal disables the internal timer. The  $\overline{\text{TE}}$  input can be used to disable the timer when the charger is supplying current to charge the battery and power the system load. The  $\overline{\text{TE}}$  input is compatible with 1.8V logic.

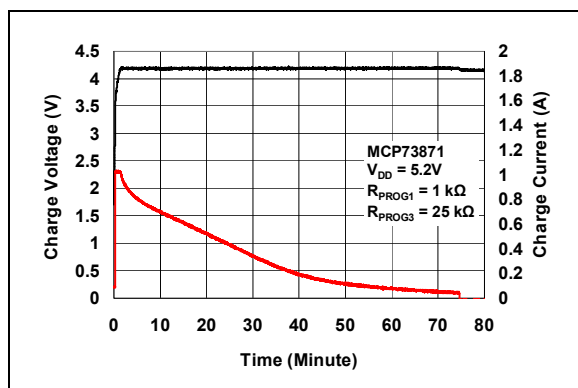
## 6.0 APPLICATIONS

The MCP73871 device is designed to operate in conjunction with a host microcontroller or in stand-alone applications. The MCP73871 device provides the preferred charge algorithm for Lithium-Ion

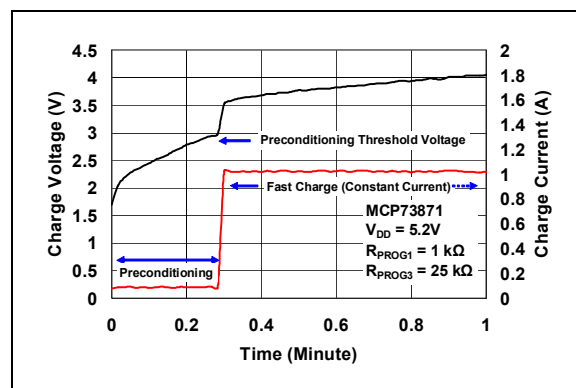
and Lithium-Polymer cells. Constant-current followed by Constant-voltage. [Figure 6-1](#) depicts a typical stand-alone MCP73871 application circuit, while [Figures 6-2](#) and [6-3](#) depict the accompanying charge profile.



**FIGURE 6-1:** MCP73871 Typical Stand-Alone Application Circuit with VPCC.



**FIGURE 6-2:** Typical Charge Profile (1000 mAh Battery).



**FIGURE 6-3:** Typical Charge Profile in Preconditioning (1000 mAh Battery).

## 6.1 Application Circuit Design

Due to the low efficiency of linear charging, the most important factors are **thermal design** and **cost**, which are a direct function of the input voltage, output current and thermal impedance between the battery charger and the ambient cooling air. The worst-case situation is when the device has transitioned from the Preconditioning mode to the Constant Current mode. In this situation, the battery charger has to dissipate the maximum power. A trade-off must be made between the charge current, cost and thermal requirements of the charger.

### 6.1.1 COMPONENT SELECTION

Selection of the external components in [Figure 6-1](#) is crucial to the integrity and reliability of the charging system. The following discussion is intended as a guide for the component selection process.

#### 6.1.1.1 Charge Current

The preferred fast charge current for Lithium-Ion cells should always follow references and guidances from battery manufacturers. For example, a 1000 mAh battery pack has a preferred fast charge current of 0.7C. Charging at 700 mA provides the shortest charge cycle times without degradation to the battery pack performance or life.

#### 6.1.1.2 Thermal Considerations

The worst-case power dissipation in the battery charger occurs when the input voltage is at the maximum and the device has transitioned from the Preconditioning mode to the Constant-current mode. In this case, the power dissipation is:

#### EQUATION 6-1:

$$PowerDissipation = (V_{DDMAX} - V_{PTHTMIN}) \times I_{REGMAX}$$

Where:

- $V_{DDMAX}$  = the maximum input voltage
- $I_{REGMAX}$  = the maximum fast charge current
- $V_{PTHTMIN}$  = the minimum transition threshold voltage

For example, power dissipation with a 5V,  $\pm 10\%$  input voltage source and 500 mA,  $\pm 10\%$  fast charge current is:

#### EXAMPLE 6-1:

$$PowerDissipation = (5.5V - 2.7V) \times 550mA = 1.54W$$

This power dissipation with the battery charger in the QFN-20 package will cause thermal regulation to be entered as depicted. Alternatively, the 4 mm x 4 mm DFN package could be utilized to reduce heat by adding vias on the exposed pad.

#### 6.1.1.3 External Capacitors

The MCP73871 device is stable with or without a battery load. In order to maintain good AC stability in the Constant Voltage mode, a minimum capacitance of 4.7  $\mu$ F is recommended to bypass the  $V_{BAT}$  pin to  $V_{SS}$ . This capacitance provides compensation when there is no battery load. In addition, the battery and interconnections appear inductive at high frequencies. These elements are in the control feedback loop during Constant Voltage mode. Therefore, the bypass capacitance may be necessary to compensate for the inductive nature of the battery pack.

Virtually any good quality output filter capacitor can be used, independent of the capacitor's minimum Effective Series Resistance (ESR) value. The actual value of the capacitor (and its associated ESR) depends on the output load current. A 4.7  $\mu$ F ceramic, tantalum or aluminum electrolytic capacitor at the output is usually sufficient to ensure stability for charge currents up to a 1000 mA.

#### 6.1.1.4 Reverse-Blocking Protection

The MCP73871 device provides protection from a faulted or shorted input. Without the protection, a faulted or shorted input would discharge the battery pack through the body diode of the internal pass transistor.

#### 6.1.1.5 Temperature Monitoring

The charge temperature window can be set by placing fixed value resistors in series-parallel with a thermistor. The resistance values of  $R_{T1}$  and  $R_{T2}$  can be calculated with the following equations in order to set the temperature window of interest.

For NTC thermistors:

#### EQUATION 6-2:

$$24k\Omega = R_{T1} + \frac{R_{T2} \times R_{COLD}}{R_{T2} + R_{COLD}}$$

$$5k\Omega = R_{T1} + \frac{R_{T2} \times R_{HOT}}{R_{T2} + R_{HOT}}$$

Where:

- $R_{T1}$  = the fixed series resistance
- $R_{T2}$  = the fixed parallel resistance
- $R_{COLD}$  = the thermistor resistance at the lower temperature of interest
- $R_{HOT}$  = the thermistor resistance at the upper temperature of interest

For example, by utilizing a 10 k $\Omega$  at 25°C NTC thermistor with a sensitivity index,  $\beta$ , of 3892, the charge temperature range can be set to 0°C - 50°C by placing a 1.54 k $\Omega$  resistor in series ( $R_{T1}$ ), and a 69.8 k $\Omega$  resistor in parallel ( $R_{T2}$ ) with the thermistor.

#### 6.1.1.6 Charge Status Interface

A status output provides information on the state of charge. The output can be used to illuminate external LEDs or interface to a host microcontroller. Refer to [Table 5-1](#) for a summary of the state of the status output during a charge cycle.

#### 6.1.1.7 System Load Current

The preferred discharge current for Lithium-Ion cells should always follow references and guidance from battery manufacturers. Due to the safety concerns when using Lithium-Ion batteries and power dissipation of linear solutions, the system load when design with the MCP73871 device is recommended to be less than 1A or the maximum discharge rate of the selected Lithium-Ion cell. Whichever is smaller is recommended.

The idea diode between  $V_{BAT}$  and OUT is designed to drive a maximum current up to 2A. The built-in thermal shutdown protection may turn the MCP73871 device off with high current.

## 6.2 PCB Layout Issues

For optimum voltage regulation, place the battery pack as close as possible to the device's  $V_{BAT}$  and  $V_{SS}$  pins, recommended to minimize voltage drops along the high current-carrying PCB traces.

If the PCB layout is used as a heatsink, adding many vias in the heatsink pad can help conduct more heat to the backplane of the PCB, thus reducing the maximum junction temperature.

# MCP73871

---

NOTES:

## 7.0 PACKAGING

### 7.1 Package Marking Information

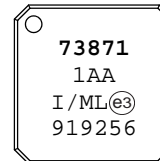
#### 20-Lead QFN



Part Number *	Marking Code	Part Number *	Marking Code
MCP73871-1AAI/ML	1AA	MCP73871T-1AAI/ML	1AA
MCP73871-1CAI/ML	1CA	MCP73871T-1CAI/ML	1CA
MCP73871-1CCI/ML	1CC	MCP73871T-1CCI/ML	1CC
MCP73871-2AAI/ML	2AA	MCP73871T-2AAI/ML	2AA
MCP73871-2CAI/ML	2CA	MCP73871T-2CAI/ML	2CA
MCP73871-2CCI/ML	2CC	MCP73871T-2CCI/ML	2CC
MCP73871-3CAI/ML	3CA	MCP73871T-3CAI/ML	3CA
MCP73871-3CCI/ML	3CC	MCP73871T-3CCI/ML	3CC
MCP73871-4CAI/ML	4CA	MCP73871T-4CAI/ML	4CA
MCP73871-4CCI/ML	4CC	MCP73871T-4CCI/ML	4CC

\* Consult Factory for Alternative Device Options.

#### Example:



**Legend:** XX...X Customer-specific information  
Y Year code (last digit of calendar year)  
YY Year code (last 2 digits of calendar year)  
WW Week code (week of January 1 is week '01')  
NNN Alphanumeric traceability code  
Ⓔ3 Pb-free JEDEC designator for Matte Tin (Sn)  
\* This package is Pb-free. The Pb-free JEDEC designator (Ⓔ3) can be found on the outer packaging for this package.

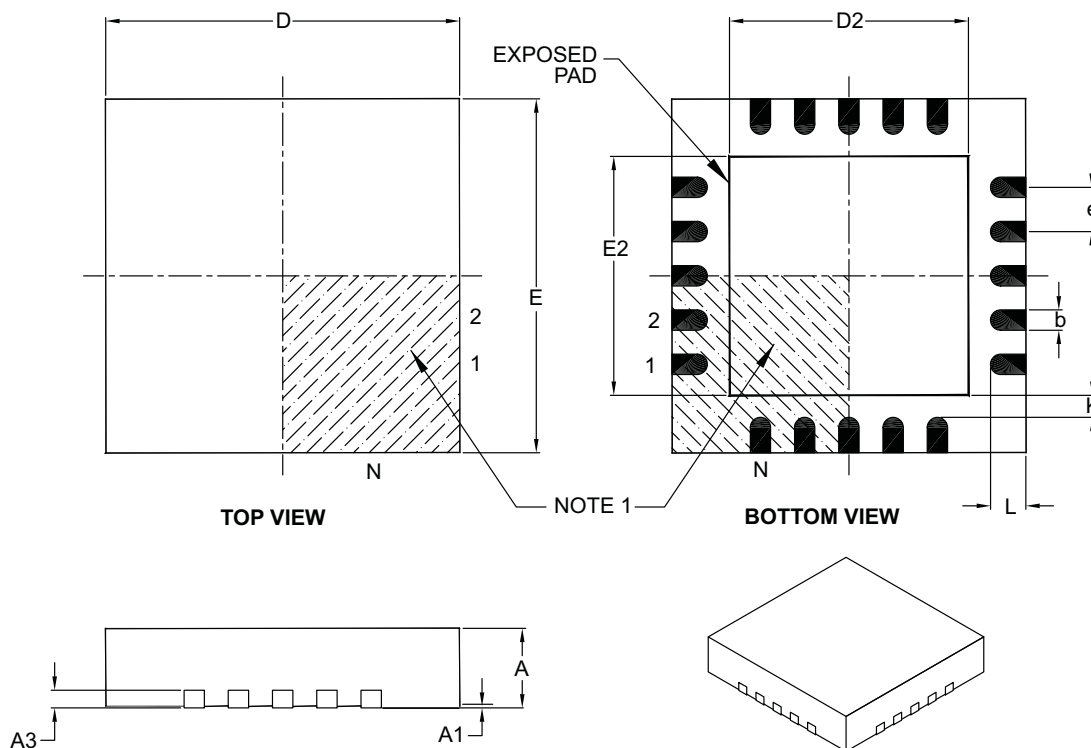
**Note:** In the event the full Microchip part number cannot be marked on one line, it will be carried over to the next line, thus limiting the number of available characters for customer-specific information.



# MCP73871

## 20-Lead Plastic Quad Flat, No Lead Package (ML) – 4x4x0.9 mm Body [QFN]

**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



	Units	MILLIMETERS		
		MIN	NOM	MAX
Number of Pins	N	20		
Pitch	e	0.50 BSC		
Overall Height	A	0.80	0.90	1.00
Standoff	A1	0.00	0.02	0.05
Contact Thickness	A3	0.20 REF		
Overall Width	E	4.00 BSC		
Exposed Pad Width	E2	2.60	2.70	2.80
Overall Length	D	4.00 BSC		
Exposed Pad Length	D2	2.60	2.70	2.80
Contact Width	b	0.18	0.25	0.30
Contact Length	L	0.30	0.40	0.50
Contact-to-Exposed Pad	K	0.20	—	—

**Notes:**

- Pin 1 visual index feature may vary, but must be located within the hatched area.
- Package is saw singulated.
- Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.

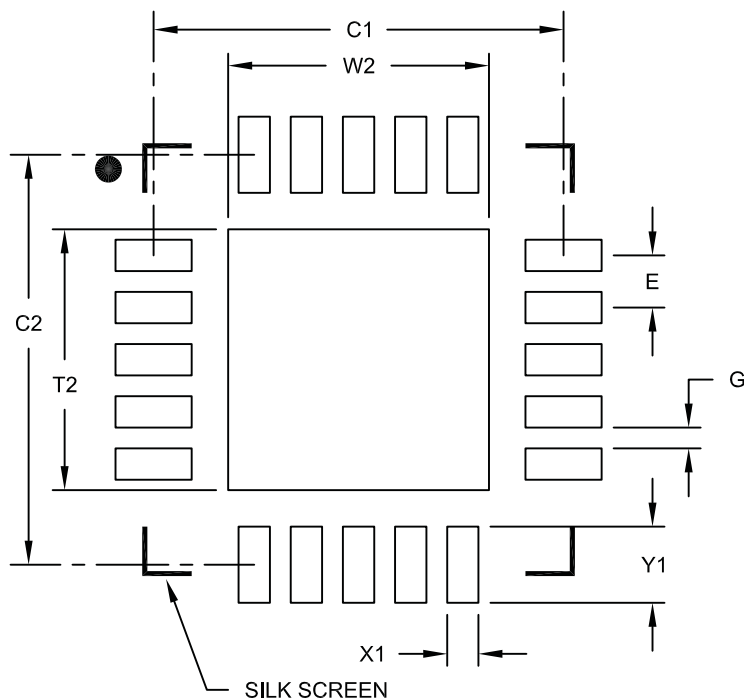
BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

REF: Reference Dimension, usually without tolerance, for information purposes only.

Microchip Technology Drawing C04-126B

## 20-Lead Plastic Quad Flat, No Lead Package (ML) - 4x4 mm Body [QFN] With 0.40 mm Contact Length

**Note:** For the most current package drawings, please see the Microchip Packaging Specification located at <http://www.microchip.com/packaging>



RECOMMENDED LAND PATTERN

Units		MILLIMETERS		
Dimension Limits		MIN	NOM	MAX
Contact Pitch	E	0.50 BSC		
Optional Center Pad Width	W2			2.50
Optional Center Pad Length	T2			2.50
Contact Pad Spacing	C1		3.93	
Contact Pad Spacing	C2		3.93	
Contact Pad Width	X1			0.30
Contact Pad Length	Y1			0.73
Distance Between Pads	G	0.20		

**Notes:**

1. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M

BSC: Basic Dimension. Theoretically exact value shown without tolerances.

Microchip Technology Drawing No. C04-2126A

# MCP73871

---

NOTES:

## APPENDIX A: REVISION HISTORY

### Revision B (May 2009)

The following is the list of modifications:

1. Updated the QFN-20 package drawing.
2. Updated [Equation 4-1](#).
3. Updated **Section 4.7 “Charge Termination”** and [Equation 4-2](#).
4. Updated [Equation 5-1](#).

### Revision A (July 2008)

- Original Release of this Document.

# MCP73871

---

NOTES:

## PRODUCT IDENTIFICATION SYSTEM

To order or obtain information, e.g., on pricing or delivery, refer to the factory or the listed sales office.

<u>PART NO.</u>	<u>XX</u>	<u>X/</u>	<u>XX</u>
Device	Output Options*	Temp.	Package
<p>Device: MCP73871: USB/AC Battery Charger with PPM MCP73871T: USB/AC Battery Charger with PPM (Tape and Reel)</p> <p>Output Options ** * Refer to table below for different operational options. * * Consult Factory for Alternative Device Options.</p> <p>Temperature: I = -40°C to +85°C</p> <p>Package Type: ML = Plastic Quad Flat No Lead (QFN) (4x4x0.9 mm Body), 20-lead</p>			
<p><b>Examples: **</b></p> <p>a) MCP73871-1AAI/ML: 4.10V PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>b) MCP73871-1CAI/ML: 4.10V, PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>c) MCP73871-1CCI/ML: 4.10V, PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>d) MCP73871-2AAI/ML: 4.20V, PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>e) MCP73871-2CAI/ML: 4.20V PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>f) MCP73871-2CCI/ML: 4.20V PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>g) MCP73871-3CAI/ML: 4.35V PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>h) MCP73871-3CCI/ML: 4.35V PPM Battery Charger, 20LD QFN pkg.</p> <p>* * Consult Factory for Alternative Device Options</p>			

### \* Operational Output Options

Output Options	V <sub>REG</sub>	Safety Timer Duration (Hours)	LBO Voltage Threshold (V)
1AA	4.10V	Disable	Disabled
1CA	4.10V	6	Disabled
1CC	4.10V	6	3.1
2AA	4.20V	Disable	Disabled
2CA	4.20V	6	Disabled
2CC	4.20V	6	3.1
3CA	4.35V	6	Disabled
3CC	4.35V	6	3.1
4CA	4.40V	6	Disabled
4CC	4.40V	6	3.1

\* \* Consult Factory for Alternative Device Options.

# MCP73871

---

NOTES:

---

**Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:**

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

---

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip devices in life support and/or safety applications is entirely at the buyer's risk, and the buyer agrees to defend, indemnify and hold harmless Microchip from any and all damages, claims, suits, or expenses resulting from such use. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

#### **Trademarks**

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELOQ, KEELOQ logo, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, rfPIC, SmartShunt and UNI/O are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.


FilterLab, Hampshire, Linear Active Thermistor, MXDEV, MXLAB, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, dsSPEAK, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Mindi, MiWi, MPASM, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, mTouch, nanoWatt XLP, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICtail, PIC<sup>32</sup> logo, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, REAL ICE, rfLAB, Select Mode, Total Endurance, TSHARC, WiperLock and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2009, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM**  
**CERTIFIED BY DNV**  
**== ISO/TS 16949:2002 ==**

*Microchip received ISO/TS-16949:2002 certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona; Gresham, Oregon and design centers in California and India. The Company's quality system processes and procedures are for its PIC® MCUs and dsPIC® DSCs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.*





---

## WORLDWIDE SALES AND SERVICE

---

### AMERICAS

#### Corporate Office

2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 480-792-7200  
Fax: 480-792-7277  
Technical Support:  
<http://support.microchip.com>  
Web Address:  
[www.microchip.com](http://www.microchip.com)

#### Atlanta

Duluth, GA  
Tel: 678-957-9614  
Fax: 678-957-1455

#### Boston

Westborough, MA  
Tel: 774-760-0087  
Fax: 774-760-0088

#### Chicago

Itasca, IL  
Tel: 630-285-0071  
Fax: 630-285-0075

#### Cleveland

Independence, OH  
Tel: 216-447-0464  
Fax: 216-447-0643

#### Dallas

Addison, TX  
Tel: 972-818-7423  
Fax: 972-818-2924

#### Detroit

Farmington Hills, MI  
Tel: 248-538-2250  
Fax: 248-538-2260

#### Kokomo

Kokomo, IN  
Tel: 765-864-8360  
Fax: 765-864-8387

#### Los Angeles

Mission Viejo, CA  
Tel: 949-462-9523  
Fax: 949-462-9608

#### Santa Clara

Santa Clara, CA  
Tel: 408-961-6444  
Fax: 408-961-6445

#### Toronto

Mississauga, Ontario,  
Canada  
Tel: 905-673-0699  
Fax: 905-673-6509

### ASIA/PACIFIC

#### Asia Pacific Office

Suites 3707-14, 37th Floor  
Tower 6, The Gateway  
Harbour City, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

#### Australia - Sydney

Tel: 61-2-9868-6733  
Fax: 61-2-9868-6755

#### China - Beijing

Tel: 86-10-8528-2100  
Fax: 86-10-8528-2104

#### China - Chengdu

Tel: 86-28-8665-5511  
Fax: 86-28-8665-7889

#### China - Hong Kong SAR

Tel: 852-2401-1200  
Fax: 852-2401-3431

#### China - Nanjing

Tel: 86-25-8473-2460  
Fax: 86-25-8473-2470

#### China - Qingdao

Tel: 86-532-8502-7355  
Fax: 86-532-8502-7205

#### China - Shanghai

Tel: 86-21-5407-5533  
Fax: 86-21-5407-5066

#### China - Shenyang

Tel: 86-24-2334-2829  
Fax: 86-24-2334-2393

#### China - Shenzhen

Tel: 86-755-8203-2660  
Fax: 86-755-8203-1760

#### China - Wuhan

Tel: 86-27-5980-5300  
Fax: 86-27-5980-5118

#### China - Xiamen

Tel: 86-592-2388138  
Fax: 86-592-2388130

#### China - Xian

Tel: 86-29-8833-7252  
Fax: 86-29-8833-7256

#### China - Zhuhai

Tel: 86-756-3210040  
Fax: 86-756-3210049

### ASIA/PACIFIC

#### India - Bangalore

Tel: 91-80-3090-4444  
Fax: 91-80-3090-4080

#### India - New Delhi

Tel: 91-11-4160-8631  
Fax: 91-11-4160-8632

#### India - Pune

Tel: 91-20-2566-1512  
Fax: 91-20-2566-1513

#### Japan - Yokohama

Tel: 81-45-471- 6166  
Fax: 81-45-471-6122

#### Korea - Daegu

Tel: 82-53-744-4301  
Fax: 82-53-744-4302

#### Korea - Seoul

Tel: 82-2-554-7200  
Fax: 82-2-558-5932 or  
82-2-558-5934

#### Malaysia - Kuala Lumpur

Tel: 60-3-6201-9857  
Fax: 60-3-6201-9859

#### Malaysia - Penang

Tel: 60-4-227-8870  
Fax: 60-4-227-4068

#### Philippines - Manila

Tel: 63-2-634-9065  
Fax: 63-2-634-9069

#### Singapore

Tel: 65-6334-8870  
Fax: 65-6334-8850

#### Taiwan - Hsin Chu

Tel: 886-3-6578-300  
Fax: 886-3-6578-370

#### Taiwan - Kaohsiung

Tel: 886-7-536-4818  
Fax: 886-7-536-4803

#### Taiwan - Taipei

Tel: 886-2-2500-6610  
Fax: 886-2-2508-0102

#### Thailand - Bangkok

Tel: 66-2-694-1351  
Fax: 66-2-694-1350

### EUROPE

#### Austria - Wels

Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

#### Denmark - Copenhagen

Tel: 45-4450-2828  
Fax: 45-4485-2829

#### France - Paris

Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

#### Germany - Munich

Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

#### Italy - Milan

Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

#### Netherlands - Druenen

Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

#### Spain - Madrid

Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

#### UK - Wokingham

Tel: 44-118-921-5869  
Fax: 44-118-921-5820

03/26/09